R. Agent
T. Postelnicu

CALCULUL STRUCTURILOR CU DIAFRAGME DIN BETON ARMAT

NIȘTOR PETRICĂ

Calculul și alcătuirea construcțiilor

Editura tehnică

I. ELASTIC

Scanned with OKEN Scanner

Prof. dr. ing. RADU AGENT * Dr. ing. TUDOR POSTELNICU

CALCULUL STRUCTURILOR CU DIAFRAGME DIN BETON ARMAT

Metode simplificate. Tabele şi abace. Exemple numerice

I

Elemente introductive
Calculul eforturilor în domeniul elastic

NISTOR PETRICĂ

EDITURA TEHNICĂ
București — 1982

Scanned with OKEN Scanner

Lucrarea cuprinde metode simplificate, destinate calculului manual, pentru determinarea eforturilor secţionale în structurile cu diafragme ale clădirilor etajate şi verificarea secţiunilor diafragmelor. În volumul de faţă se prezintă: elemente generale introductive referitoare la comportarea şi calculul diafragmelor din beton armat şi procedee pentru calculul eforturilor în domeniul elastic. În volumul următor vor fi cuprinse procedee pentru calculul în domeniul postelastic la solicitări seismice şi verificarea secţiunilor de beton şi armătură ale diafragmelor.

Lucrarea se adresează inginerilor proiectanţi de structuri şi studenţilor facultăţilor de construcţii ,cuprinzînd şi materialele auxiliare (tabele, abace, exemple numerice), necesare în calculul practic.

Control ştiinţific: prof. dr. ing. **DAN DUMITRESCU**
Redactor: ing. **EMILIA ILIE**
Tehnoredactor: **VALERIU MORĂRESCU**
Coperta seriei: **NICOLAE NICOLAEV**

Bun de tipar: 21.04.1982; Coli de tipar: 12,25
C.Z.: 624.041

Tiparul executat la I.P. Arta Grafică
Cal. Şerban Vodă 133, Bucureşti

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚĂ

Structurile cu diafragme din beton armat au ajuns astăzi să reprezinte soluția cu cea mai frecventă utilizare la clădirile civile multietajate, impunîndu-se prin avantajele pe care le prezintă atît sub aspectul economicității și al posibilității de a folosi procedee industrializate de execuție, cît și din punctul de vedere al comportării la acțiuni laterale în general și mai ales la cele produse de cutremure.

În paralel cu extinderea aplicării în practică a acestui sistem constructiv, au căpătat în ultimii ani o dezvoltare deosebită și cercetările teoretice și experimentale legate de alcătuirea și calculul diafragmelor. Numeroasele date noi care apar (rezultate ale încercărilor de laborator, constatări la cutremurele mari recente, contribuții la dezvoltarea metodelor de calcul, prescripții tehnice etc.) determină necesitatea unei reînnoiri continue a literaturii tehnice referitoare la aceste probleme, între care și cea a sistematizării sub forme avantajoase pentru practică a procedeelor de calcul pentru determinarea eforturilor și dimensionarea diafragmelor.

Lărgirea utilizării calculatoarelor în proiectarea structurilor din beton armat a scos din ce în ce mai clar în evidență necesitatea separării procedeelor de calcul în două categorii distincte :

— procedeele cu caracter general, destinate întocmirii programelor pentru folosirea calculatoarelor *și prin care se pot aborda toate aspectele unui calcul static sau dinamic, liniar sau neliniar și cu luarea în considerare a tuturor conexiunilor din interiorul structurii și dintre aceasta și terenul de fundație ;*

— procedee simplificate, destinate calculului manual, pentru structuri de tipuri uzuale, *care dacă din punct de vedere teoretic pot fi privite ca niște cazuri particulare, practic acoperă totuși marea majoritate a situațiilor întîlnite în proiectarea curentă.*

Oportunitatea unei separări de această natură s-a resimțit în toate domeniile legate de formularea și aplicarea metodelor de calcul : literatura tehnică pentru ingineri, cursurile universitare și chiar unele prescripții tehnice de proiectare.

Deosebirea fundamentală dintre materialele consacrate celor două categorii de procedee de calcul constă în aceea că se adresează unor cercuri diferite de cititori: unele interesează de fapt aproape în exclusivitate pe analiștii care elaborează programe de calcul, în timp ce celelalte sînt adresate

Scanned with OKEN Scanner

marei mase a proiectanților de structuri. De aceea, prezentarea lor în capitole separate sau chiar în tratate diferite reprezintă o soluție care își dovedește din ce în ce mai mult avantajele practice.

Prezenta lucrare, referitoare la calculul structurilor cu diafragme din beton armat ale clădirilor etajate, se înscrie între cele destinate direct inginerilor proiectanți de structuri și studenților facultăților de specialitate și cuprinde numai metode simplificate, sistematizate pentru un calcul manual. Bineînțeles, unui asemenea calcul nu i se poate cere mai mult decît poate el oferi și anume un instrument expeditiv pentru rezolvarea cazurilor curente, de prim interes în proiectarea obișnuită a structurilor.

Volumul de față cuprinde primele două părți ale lucrării și anume :

— o parte introductivă, în cadrul căreia se prezintă stadiul actual al concepției, cercetărilor și metodelor de calcul în problemele tratate, inclusiv a celor legate de proiectarea antiseismică, precum și elementele de pornire ale calculului propriu-zis ;

— procedee pentru calculul în domeniul elastic al structurilor cu diafragme, la încărcările gravitaționale, la cele orizontale din acțiunea vîntului și la forțele seismice convenționale prevăzute în prescripțiile tehnice.

Prezentările teoretice sînt însoțite de tabelele și abacele auxiliare necesare și de numeroase exemple numerice, tratate detaliat.

În volumul următor vor fi dezvoltate celelalte două părți ale lucrării, cuprinzînd :

— dimensionarea și armarea diafragmelor la compresiune excentrică, la forță tăietoare și la solicitări produse de autotensiuni ;

— analiza comportării structurilor cu diafragme în domeniul postelastic, pentru solicitări din acțiunea cutremurelor puternice.

Fiind vorba de procedee de calcul simplificate, s-a dat o atenție deosebită evidențierii ipotezelor care stau la baza acestora și domeniului lor de utilizare, în raport cu caracteristicile structurilor.

Lucrarea este corelată cu prevederile prescripțiilor tehnice românești în vigoare pentru proiectarea structurilor cu diafragme din beton armat ale clădirilor etajate, la a căror redactare autorii au participat în mod direct.

Autorii își exprimă recunoștința față de prof. dr. ing. Dan Dumitrescu, șeful Catedrei de Construcții din beton armat a Institutului de construcții București, pentru aprecierile și sugestiile făcute la controlul științific al lucrării.

R. AGENT ȘI T. POSTELNICU

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Partea I.

Elemente introductive

1. Structuri cu diafragme. Nomenclatură. Clasificare. Caracteristici generale 11
1.1. Utilizarea structurilor cu diafragme din beton armat la clădiri etajate 11
1.2. Tipuri de structuri. Terminologie, clasificare 15
1.3. Formele geometrice ale diafragmelor 20
1.4. Reguli de alcătuire generală a structurilor cu diafragme 24

2. Date experimentale şi constatări asupra comportării structurilor cu diafragme la diferite solicitări 26
2.1. Date experimentale 26
2.2. Constatări asupra comportării la cutremure puternice 31
2.3. Comportarea la alte solicitări 36

3. Dezvoltarea metodelor de calcul şi stadiul lor actual 38
3.1. Calculul în domeniul elastic 38
3.2. Calculul în domeniul postelastic 40
3.3. Domenii de utilizare 41
3.4. Dimensionarea diafragmelor 42

4. Ordinea globală a operaţiilor de calcul 44

5. Schematizarea diafragmelor pentru calcul. Caracteristici geometrice 53
5.1. Schematizări pentru calcul 53
5.2. Secţiunile active ale elementelor verticale 54
5.3. Secţiunile active ale riglelor de cuplare 59

6. Determinarea eforturilor din încărcările gravitaţionale 61
6.1. Încărcări distribuite 61
6.2. Încărcări locale 62
6.3. Efectul excentricităţilor încărcărilor verticale 62

Bibliografie la partea I 63

Partea a II-a

Metode simplificate pentru calculul eforturilor din încărcări orizontale, în domeniul elastic

7. Clasificarea metodelor de calcul. Definirea şi domeniul de utilizare a metodelor simplificate 68
7.1. Clasificarea metodelor de calcul 68
7.2. Domenii de utilizare recomandate 73
7.3. Variante ale sistematizării calculului în metodele simplificate 76

Scanned with OKEN Scanner

8. Metoda reducerii la cadre. Determinarea eforturilor secţionale într-o diafragmă plină cu goluri suprapuse 79
8.1. Utilizarea distorsiunilor în calculul cadrelor-scară monotone pe verticală 79
8.2. Aplicarea la diafragme cu goluri 85
8.3. Influenţa deformabilităţii axiale a montanţilor..... 89
8.4. Alcătuirea şi utilizarea tabelelor 94
Exemplul de calcul 1. Diafragmă plină..... 97
Exemplul de calcul 2. Diafragmă simetrică, cu un şir de goluri în axă.... 98
8.5. Diafragme nesimetrice sau cu mai multe şiruri de goluri..... 100
Exemplul de calcul 3. Diafragmă nesimetrică, cu un şir de goluri 103
Exemplul de calcul 4. Diafragmă cu un şir de goluri situat în apropierea unei margini 108
Exemplul de calcul 5. Diafragmă cu mai multe şiruri de goluri 113

9. Metoda reducerii la cadre. Distribuţia încărcărilor orizontale între mai multe diafragme 118
9.1. Generalităţi 118
9.2. Rigidităţile diafragmelor. Momente de inerţie echivalente..... 119
Exemplul de calcul 6. Determinarea momentelor de inerţie echivalente pentru diafragme pline şi cu goluri..... 123
9.3. Distribuţia încărcărilor orizontale între diafragme..... 130
Exemplul de calcul 7. Distribuţia încărcării orizontale între diafragmele unei structuri 134

10. Metoda structurii continue înlocuitoare 141
10.1. Determinarea eforturilor secţionale în diafragme-scară simetrice.... 141
Exemplul de calcul 8. Diafragmă simetrică, cu un şir de goluri în axă.. 148
10.2. Determinarea eforturilor secţionale în diafragme nesimetrice sau cu mai multe şiruri de goluri 149
Exemplul de calcul 9. Diafragmă nesimetrică, cu un singur şir de goluri 150
10.3. Distribuţia încărcărilor orizontale între mai multe diafragme. Momente de inerţie echivalente 152
Exemplul de calcul 10. Momente de inerţie echivalente..... 153
10.4. Alte aplicaţii ale metodei structurii continue înlocuitoare..... 154

Bibliografie la partea a II-a 154
Anexă. Tabele şi abace auxiliare 158

Scanned with OKEN Scanner

ANALYSIS OF STRUCTURES WITH REINFORCED CONCRETE SHEAR-WALLS. SIMPLIF-ED METHODS OF ANALYSIS, DESIGN TABLES AND DIAGRAMS, NUMERICAL EXAMPLES

S U M M A R Y

Simplified methods of analysis are presented for reinforced concrete shear-wall structures of multistory buildings. The term "simplified" is used here to denominate any method of structural analysis in which both the cantilever and the coupled shear wall are considered as vertical monothonic structures. These methods yield very simple relations of analysis.

The present volume comprises the first two parts of the work. Thus:

— Part I, which has an introductory character, presents general aspects regarding the structural setting and the use of shear-wall structures (Chapter 1), the state of knowledge on the behaviour of shear-walls subjected to various actions provided by both experiments and field investigations of actual structures (Chapter 2), the evolution of methods of analysis (Chapter 3) and also introductory elements about the fundamentals of the analysis (Chapters 4,5 and 6).

— Part II deals with the simplified methods of analyzing the elastic response of structure to horizontal loads: the "frame" — method (Chapters 8 and 9) and the "equivalent continuous structure" method (Chapter 10).

The next volume, which includes the last two parts of the work, will deal with:

— the dimensioning and detailing of reinforcement of shear-walls for eccentrical load, shear forces and stresses induced by shrinkage and temperature;

— the inelastic behaviour and analysis of shear-wall structures subjected to strong motion earthquakes.

The necessary design tables and diagrams are incorporated in the volume. Also a large number of numerical applications are given.

The work is aimed for the use of both structural engineers and students in civil engineering.

The authors are: Dr. RADU AGENT, professor, and Dr. TUDOR POSTELNICU, lecturer, from the Department of Concrete Structures of the Faculty of Civil Engineering, Bucharest.

C O N T E N T S

Part I
Fundamentals

1. Shear-Wall Structures. Terminology. Classification. General Characteristics .. 11
1.1. The Use of Reinforced Concrete Shear-Wall Structures for Multistory Buildings 11
1.2. Types of Structures. Terminology. Classification..... 15
1.3. Geometrical Shapes of Shear Walls..... 20
1.4. General Rules of Structural Setting of Shear-Wall Structures..... 24

Scanned with OKEN Scanner

2. Experimental Data and Field Observations on the Behaviour of Shear-Wall Structures subjected to Various Actions 26
2.1. Experimental Data 26
2.2. Results of Field Investigations on the Behaviour during Strong Earthquakes 31
2.3. Behaviour for Other Actions 36

3. The Development of Methods of Analysis 38
3.1. Elastic Analysis 38
3.2. Inelastic Analysis 40
3.3. Recommended Ranges of Application 41
3.4. Dimensioning of Shear-Walls 42

4. The Steps of the Analysis 44

5. The Modelling of Shear-Walls in the Analysis. Geometric Characteristics. 53
5.1. Design Idealizations 53
5.2. Active Cross Sections of Vertical Elements 54
5.3. Active Cross Sections of the Coupling Beams 59

6. Analysis of Internal Forces under Gravitational Loads 61
6.1. Distributed Loads 61
6.2. Concentrated Loads 62
6.3. The Effect of the Eccentricities of Vertical Loads 62
References to Part I 63

Part II.
Simplified Methods of Analysis for the Elastic Response to Horizontal Loads

7. Classification of the Methods of Analysis, Definition and Recommended Ranges of Application of the Simplified Methods 68
7.1. Classification of the Methods of Analysis 68
7.2. Recommended Ranges of Application 73
7.3. Variants of Organizing the Analysis in Simplified Methods 76

8. The "Frame"-Method. Development of Internal Forces for Cantilever and Coupled Shear-Walls 79
8.1. The Use of No-Shear Sway Displacements for Analyzing the One-Span Symmetric Multistory Frames 79
8.2. Implementation for the Coupled Shear-Walls 85
8.3. The Effect of Axial Deformations of the Coupled Walls 89
8.4. The Setting and Use of Design Tables 94
8.5. Non-symmetrically Coupled Shear-Walls, Coupled Shear-Walls with Several Rows of Openings 100

9. The "Frame"-Method. Distribution of Lateral Loads among the Shear-Walls 118
9.1. Introduction 118
9.2. Stiffness of Shear-Walls. Equivalent Moment of Inertia 119
9.3. Distribution of Lateral Loads among the Shear-Walls 130

10. The "Equivalent Continuous Structure" Method. 141
10.1. Analysis of Symmetrically Coupled Shear Wall Having a Single Row of Openings 141
10.2. Analysis of Non-symmetrically Coupled Shear-Walls and of Shear-Walls Having Several Rows of Openings 149
10.3. Spatial Distribution of Lateral Loads among Shear-Walls. Equivalent Moment of Inertia 152
10.4. Other Applications of the "Equivalent Continuous Structure" Method 154
References to Part II 154
Appendix. Tables and Diagrams 158

Scanned with OKEN Scanner

DIE BERECHNUNG DER TRAGWERKE MIT STAHLBETONWANDSCHEIBEN. VEREINFACHTE VERFAHREN, TABELLEN UND DIAGRAMMEN, ZAHLENBEISPIELE

ZUSAMMENFASSUNG

Das Buch befasst sich mit den vereinfachten Berechnungsverfahren für Hochhaustragwerke mit Stahlbetonwandscheiben. Unter „vereinfachten Verfahren" sind jene Verfahren zu verstehen in welchen die vollen und gegliederten Wandscheiben als vertikal monotone Tragwerke betrachtet werden, wovon aus eine Bearbeitung der Berechnungsbeziehungen unter einfacher Form möglich ist.

Der vorhandene Band umfasst die ersten zwei Abschnitte des Buches und zwar:

— Im ersten Abschnitt, mit einleitenden Charakter, sind allgemeine Betrachtungen bezüglich der Gestaltung und Anwendung der Wandscheibentragwerke (1. Kap.), der aktuelle Stand der Versuchsergebnisse und der Tatort-Feststellungen im Bezug auf das Verhalten unter verschiedenartigen Beanspruchungen (2. Kap.), die Entwicklung der Berechnungsverfahren (3. Kap.), sowie einleitende Begriffe der Berechungsgrundlagen (4., 5. und 6. Kap.) vorgestellt.

— Der zweite Abschnitt behandelt die vereinfachten Verfahren der Schnittgrössenberechnung unter Horizontallasten, im elastichen Bereich: Klassifizierung und Anwendungsgebiete (7. Kap.), das „Rahmenverfahren" (8. und 9. Kap.) und das „Kontinuum-Ersatzsystem"-Verfahren (10. Kap.).

Der folgende Band wird die letzten zwei Abschnitte des Buches enthalten und zwar:

— die Bemessung und Bewehrung der Wandscheibenquerschnitte, unter ausmittigen Druck, Querkraft und Zwangspannungen;

— das Verhalten und die Berechnung von Tragwerken mit Wandscheiben im plastischen Bereich, unter der Wirkung von Strengen Erdbebenstössen.

Dem Text entsprechen Anhänge mit Tabellen und Diagrammen, sowie zahlreiche ausführliche Zahlenbeispiele.

Das Buch wendet sich an die Baustatiker und Studenten der Baufakultäten.

Die Verfasser sind: Professor Dr. Ing. RADU AGENT, und Dr. Ing. TUDOR POSTELNICU, Lektor, Lehrstuhl für Stahlbetonbau, Technische Hochschule für Bauwesen, Buckarest.

I N H A L T

1. Abschnitt
Einleitennde Begriffe

1. Tragwerke mit Wandscheiben. Benennungsverzeichnis. Klassifizierung. Allgemeine Kennzeichen 11
1.1. Die Anwendung der Tragwerke mit Stahlbetonwandscheiben bei Stockwerkbauten 11
1.2. Tragwerkstypen. Benennungsverzeichnis. Klassifizierung 15
1.3. Geometrische Formen der Wandscheiben 20
1.4. Allgemeine Gestaltungsregeln der Tragwerke mit Wandscheiben 24

Scanned with OKEN Scanner

2. Versuchsergebnisse und Tatort-Feststellungen in Bezug auf das Verhalten der Tragwerke mit Wandscheiben unter verschiedenartigen Beanspruchungen. 26
2.1. Versuchsergebnisse 26
2.2. Das Verhalten bei strengen Erdbebenstössen..... 31
2.3. Das Verhalten unter anderartigen Beanspruchungen..... 36
3. Entwicklung und aktuelle Stand der Berechnungsverfahren..... 38
3.1. Berechnung im elastischen Bereich 38
3.2. Berechnung im plastischen Bereich 40
3.3. Anwendungsgebiete 41
3.4. Bemessung der Wandscheibenquerschnitte..... 42
4. Allgemeine Rechenfolge 44
5. Die Idealisierung der Wandscheiben für die Berechnung. Geometrische Kennzeichen 53
5.1. Idealisierung für die Berechnung 53
5.2. Aktive Querschnitte der Vertikalglieder 54
5.3. Aktive Querschnitte der Kupplungsriegeln..... 59
6. Schnittgrössenermittlung unter Vertikallasten..... 61
6.1. Verteilte Belastungen 61
6.2. Konzentrierte Belastungen..... 62
6.3. Der Einfluss der Ausmittigen Vertikalbelastungen 62
Schriftum zum ersten Abschnitt 63

2. Abschnitt.
Vereinfachte Verfahren für die Schnittgrössenermittlung unter Horizontaler Belastung, im elastischen Bereich

7. Klassifizierung der Berechnungsverfahren. Grundlagen und Anwendungsgebiet der vereinfachten Verfahren 68
7.1. Klassifizierung der Berechnungsverfahren..... 68
7.2. Empfohlene Anwendungsgebiete 73
7.3. Varianten der vereinfachten Berechnungsverfahren..... 76
8. Das "Rahmenverfahren". Schnittgrössenermittlung für völle und gegliederte Wandscheiben 79
8.1. Anwendung von Distorsionen bei der Berechnung von monotonen symmetrischen Einfeld-Stockwerkrahmen 79
8.2. Anwendung bei gegliederten Wandscheiben..... 85
8.3. Der Einfluss der axialen Verformung der Vertikalglieder..... 89
8.4. Gestaltung und Gebrauch der Tabellen..... 94
8.5. Unsymmetrisch- oder mehrfeldrig-gegliederte Wandscheibem..... 100
9. Das „Rahmenverfahren". Verteilung der Horizontalbelastung an mehrere Wandscheiben 118
9.1. Allgemeines 118
9.2. Steifigkeiten der Wandscheiben. Ersatz-Trägheitsmomente..... 119
9.3. Verteilung der Horizontallastung an mehrere Wandscheiben..... 130
10. Das „Kontinuum-Ersatzsystem"-Verfahren .....
10.1. Schnittgrössenermittlung für symmetrische einfeldrig-gegliederte Wandscheiben 141
10.2. Schnittgrössenermittlung für unsymmetrisch- oder mehrfeldrig-gegliederte Wandscheiben 149
10.3. Verteilung der Horizontalbelastung an mehrere Wandscheiben. Ersatz-Trägheitsmomente 152
10.4 Sonstige Anwendungen des Verfahrens 154
Schriftum zum zweiten Abschnitt 154
Anhang. Tabellen und Diagrammen 158

Scanned with OKEN Scanner

Partea I

ELEMENTE INTRODUCTIVE

1. STRUCTURI CU DIAFRAGME. NOMENCLATURĂ. CLASIFICARE. CARACTERISTICI GENERALE

1.1. Utilizarea structurilor cu diafragme din beton armat la clădiri etajate

Problemele tratate în lucrarea de față, referitoare la calculul structurilor cu diafragme din beton armat ale clădirilor etajate se axează pe cazul structurilor cu diafragme monolite. Desigur, ipotezele de bază și o bună parte din elementele calculului sînt în egală măsură valabile și pentru construcțiile cu diafragme prefabricate din panouri mari, însă aspectele specifice acestora nu fac obiectul lucrării.

În perioada postbelică, atît în țara noastră cît și pe plan mondial, sistemul constructiv cu diafragme din beton armat a căpătat o aplicare din ce în ce mai largă, la clădirile civile multietajate și chiar la unele construcții industriale (hale de producție sau depozite cu mai multe niveluri), în locul structurilor tradiționale în cadre.

În România, la clădirile de locuit obișnuite cu $\leqslant 12$ niveluri, structurile cu diafragme s-au impus inițial în deosebi datorită avantajelor lor sub aspectul consumului de oțel și al posibilității unei execuții mai rapide, cu procedee industrializate de cofrare, armare și punere în operă a betonului. Aceste avantaje, care se manifestă chiar la clădiri cu 4—5 niveluri, cresc cu numărul de etaje, devenind hotărîtoare în cazul clădirilor înalte. În zonele cu cutremure puternice, devin însă de primă importanță și o serie de avantaje legate de comportarea la acțiuni seismice:

— Rigiditatea substanțial mai mare decît a structurilor în cadre asigură o protecție sporită împotriva avarierii elementelor nestructurale și mobilierului, care intră cu o pondere majoră în costul total al unei clădiri civile.

— La construcțiile în cadre, pereții de închidere și de compartimentare, dacă au un caracter mai masiv, introduc în structură rigidizări locale, care

Scanned with OKEN Scanner

pot avea efecte defavorabile, greu de controlat: disimetrii de rigidități, eventuala creare a unor alternanțe de niveluri rigide și flexibile sau a unor stîlpi scurți, cu comportare defavorabilă la forță tăietoare. Structurile cu diafragme nu resimt practic aceste influențe.

— La structurile cu diafragme, dezideratul ca sub acțiunea solicitărilor seismice articulațiile plastice să apară mai întîi la capetele riglelor și numai în ultimă instanță la baza unor elemente portante verticale se realizează de regulă în mod firesc, în timp ce la cadre se asigură mai greu, implicînd uneori dimensionări în exces ale stîlpilor.

Importanța acestor aspecte a fost relevată și recent într-un raport de sinteză la cea de a VII-a Conferință mondială de inginerie seismică, desfășurată în septembrie 1980 la Istanbul [I.22].

După cum este știut, din toate aceste motive la clădiri cu peste 12 niveluri, în zone seismice, soluția în cadre devine aproape prohibitivă, în timp ce pentru structurile cu diafragme înălțimile sînt practic nelimitate, cu condiția ca la înălțimi mai mari de clădiri să se ia măsuri corespunzătoare, cum sînt:

— utilizarea betoanelor de mărci superioare (B 300, B 400), cel puțin la nivelurile de la bază, soluție aplicată și în București la unele clădiri multietajate, ca: hotelul «Intercontinental» [I.55], hotelul «Dorobanți» [I.13], Spitalul Municipal [I.50] și altele;

— reducerea greutății proprii a elementelor nestructurale, prin utilizarea materialelor ușoare la elementele de închidere și de compartimentare, pardoseli etc.;

— reducerea greutății proprii a structurii din beton armat prin realizarea ei din beton cu agregate ușoare, de tipul granulitului.

La noi în țară, s-au realizat structuri cu diafragme monolite din beton de granulit și la blocuri de locuințe cu înălțimi obișnuite (10—11 niveluri), unde preponderente pentru folosirea granulitului au fost avantajele din punctul de vedere al realizării izolației termice a pereților exteriori direct din structura portantă de beton ușor, fără adaos de straturi termoizolatoare [I.32, I.52].

În tabelul care urmează sînt arătate cîteva clădiri înalte mai reprezentative, realizate în diferite țări, cu structuri cu diafragme din beton armat [I. 24, I.25, I.37, I.44, I.46, I.54, I.71], cu specificarea celor la care s-au folosit betoane ușoare la structura de rezistență.

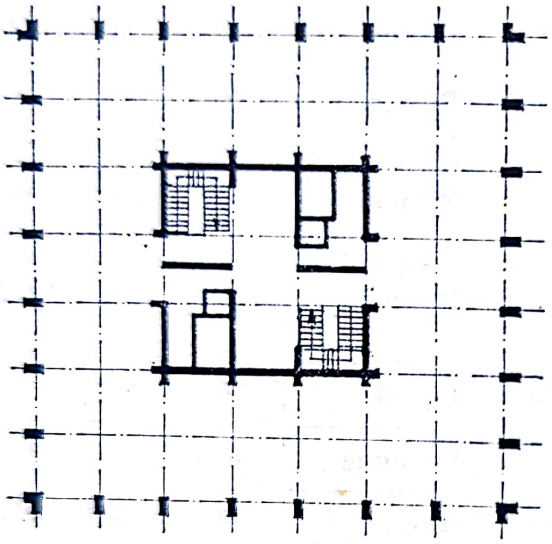
O caracteristică a pereților portanți în general, în care se încadrează și diafragmele din beton armat, o constitue faptul că, prin compartimentările fixe obligate pe care le crează, determină anumite servituți funcționale. De aceea, structurile cu diafragme s-au răspîndit în special la clădirile de tipul locuințelor, căminelor, hotelurilor, spitalelor etc., la care aceste compartimentări sînt compatibile cu fluxul funcțional. La construcțiile care necesită, la toate nivelurile sau numai la unele, spații complet libere sau cu compartimentări amovibile, cum sînt blocurile de locuințe cu magazine mari la

Scanned with OKEN Scanner

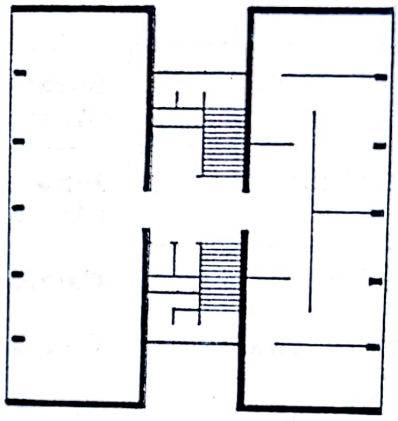
Clădirea	Localitatea și țara	Destinația	Numărul de niveluri	Înălțime, m	Anul construcției
Water-Tower Inn Building	Chicago (S.U.A.)	Hotel și locuințe	77	263	1974
M.L.C. Center	Sydney (Australia)	Birouri	62	235	1975
One Shell Plaza (beton ușor)	Houston (S.U.A.)	Birouri	50	218	1970
Edificio Peugeot	Buenos Aires (Argentina)	Birouri	63	204	1962
Carlton Center	Johannesburg (Africa de sud)	Birouri	50	203	1972
Parque Central Torre	Caracas (Venezuela)	Birouri	56	200	
Lake Point Towers	Chicago (S.U.A.)	Locuințe	70	196	1965
Place Victoria	Montréal (Canada)	Birouri	47	190	1964
Tour Fiat	Paris (Franța)	Birouri	49	188	1973
Marina City	Chicago (S.U.A.)	Locuințe și parkinguri	60	179	1962
Lot No. T L 8225	Hong-Kong	Birouri	52	179	
Manufacturer's Life Center	Toronto (Canada)	Locuințe și magazine	53	176	1971
Mexico Hotel	Ciudad de Mexico (Mexic)	Hotel	48	173	1972
Australia Square (beton ușor)	Sydney (Australia)	Birouri	52	171	1967
Mainzer Landstrasse Bürohaus	Frankfurt am Main (R. F. Germania)	Birouri	40	142	1975
Dresdner Bank	Frankfurt am Main (R. F. Germania)	Birouri	30	166	1977
Concordia	Köln (R. F. Germania)	Locuințe	49	137	1972
Stadt Hotel	Berlin (R. D. Germană)	Hotel	41	132	1970
Hotelul „Intercontinental"	București (România)	Hotel	24	88	1969

Scanned with OKEN Scanner

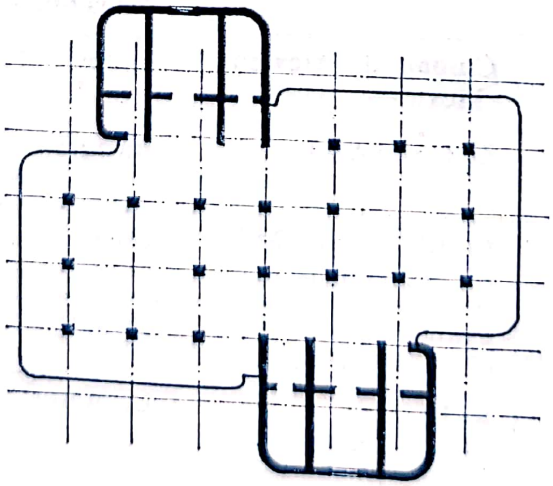
parter și eventual la primul etaj, halele industriale etajate etc., s-a a ţ de regulă la structuri în cadre. Faţă de cele arătate mai înainte cu privire la avantajele importante tehnice și economice ale structurilor cu diafragme în raport cu cele în cadre, mai ales la clădirile situate în zone cu grad ridicat de seismicitate, se pune totuși problema ca și în asemenea cazuri să se examineze cu toată atenţia dacă o concepţie funcţional-constructivă rațională



a. Nivel curent al clădirii I.P.C.T. din București, cu nucleu central de diafragme și spații libere pe restul suprafeței (proiectant I.P.C.T.)



b. Proiect de clădire multietajată pentru birouri cu două celule mari necompartimentate, premiat la concursul U.I.A. din 1966. (arh. I. Gălețanu și alții, ing. R. Agent. și St. Angelescu) (din „Arhitectura" nr. 5 / 1966.)



c. Clădirea cu 30 niveluri a Băncii Dresdei din Frankfurt am Main, cu diafragmele grupate în două nuclee [I. 25]

Fig. 1.1

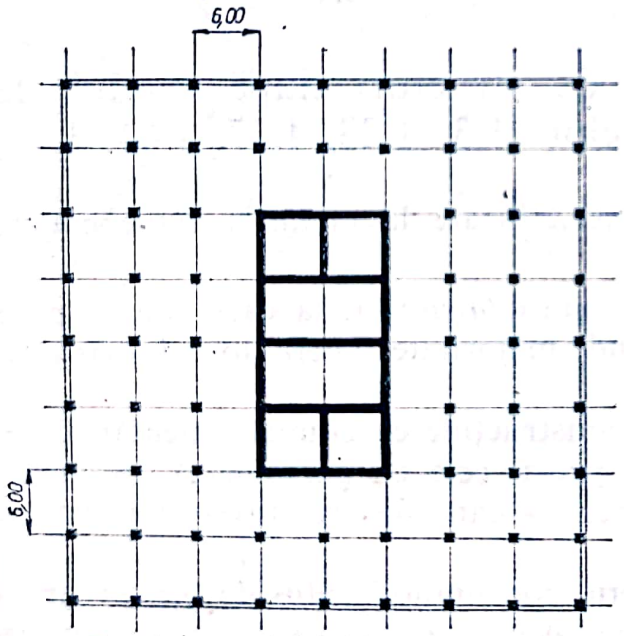
Scanned with OKEN Scanner

nu ar permite realizarea construcțiilor respective cu diafragme, dispuse corespunzător. Astfel:

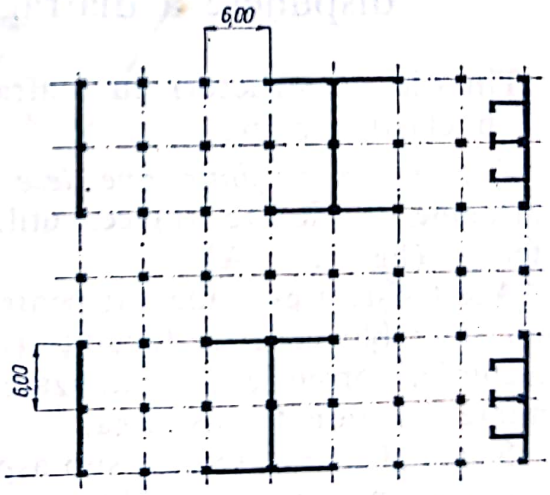
— În cazul *blocurilor de locuințe cu magazine la parter*, prevederea de spații complet libere poate fi limitată la situațiile justificate ale unor magazine care necesită realmente astfel de condiții, cunoscut fiind că majoritatea tipurilor obișnuite de magazine de la parterul blocurilor se pot înscrie perfect și în structuri cu diafragme dispuse suficient de rar.

— La *clădirile de birouri*, diafragmele pot fi grupate astfel ca să creeze spații mari libere sau compartimentabile prin pereți ușori amovibili (fig. 1.1, *a-c*).

— Pentru *hale industriale etajate* care nu au fluxuri tehnologice liniare (lucru la mese, ca de exemplu în industria electrotehnică, electronică, de confecții etc.), precum și pentru depozite, sînt cunoscute exemple de utilizare avantajoasă a unor structuri cu diafragme, dintre care două sînt arătate în fig. 1.2, *a*, *b*.



a. Nivel curent al halei etajate a unei fabrici de produse electronice din București - Pipera, cu nucleu central de diafragme (proiectant: Electro - uzinproiect, București)



b. Depozit comercial cu P+4 etaje din București - Militari, cu încărcări utile mari [I.7]

Fig. 1.2

1.2. Tipuri de structuri. Terminologie, clasificare

1.2.1. Forme de clădiri (fig. 1.3)

După forma lor în plan, clădirile etajate sînt în mod uzual denumite:
— clădiri de tip *bară*, cînd au în plan forme alungite (fig. 1.3, *a*);

Scanned with OKEN Scanner

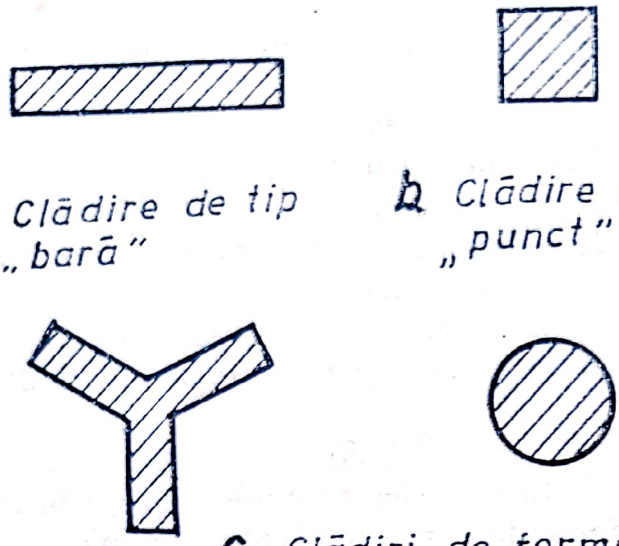


Fig. 1.3

— clădiri de tip *punct*, cu forme apropiate de pătrat (fig. 1.3, *b*), care,în cazurile cînd reprezintă elemente dominante ca înălțime în cadrul unui ansamblu, poartă denumirea de clădiri *turn* ;

— clădiri de *forme speciale*, putînd avea în plan configurații din cele mai diverse (circulare, ovale, rombice, în Y, H etc.), ca în fig. 1.3, *c*.

1.2.2. Clasificarea tipurilor de structuri după modul de dispunere a diafragmelor [1.3, 1.23, I.37, I.44, I.46]

Tipurile de structuri cu diafragme utilizate la clădirile civile etajate pot fi clasificate în:

a) *Structuri cu diafragme dese* (sistem «*fagure*»), la care sînt dispuse diafragme la fiecare travee, utilizînd majoritatea pereților despărțitori interiori (fig. 1.4, *a-c*).

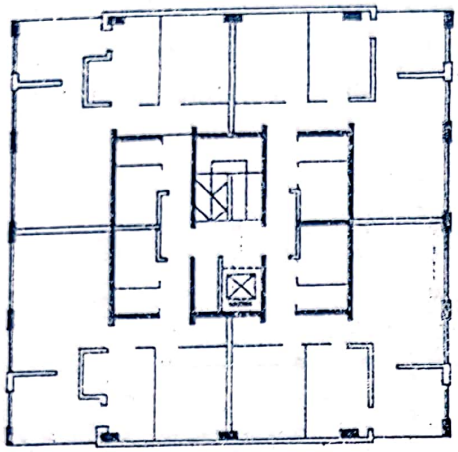
Acest sistem este adecvat pentru construcțiile cu compartimentări dese, cum sînt: blocurile de locuințe (în special cele cu garsoniere), căminele, hotelurile, corpurile de spitalizare etc., la care fiecare travee cuprinde o unitate funcțională distinctă.

Sistemul este avantajos sub aspectul consumului redus de oțel în structură, precum și prin posibilitatea aplicării unor procedee de execuție industrializate specifice (cofraje glisante, cofraje-tunel, cofraje metalice din panouri de mari dimensiuni) și a realizării planșeelor cu forme simple, cu intrados neted. În schimb obligă la un plan «înghețat», fără posibilitatea unor transformări ulterioare în distribuția încăperilor.

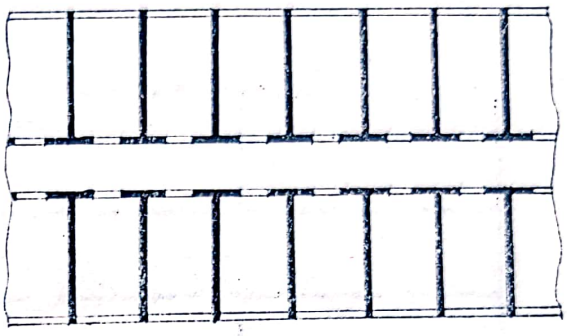
După cum se vede din fig. 1.4, structurile cu diafragme dese se adaptează la toate categoriile de forme de clădiri enumerate la pct. 1.2.1.

b) *Structuri cu diafragme rare*, în care se utilizează ca diafragme numai o parte din pereții despărțitori. Un sistem de acest tip, frecvent folosit la clădirile de locuit cu apartamente mai mari este cel «*celular*» [I.30], în care diafragmele de beton armat delimitează celule de mărimea unui apartament. Pe traveele intermediare, se prevăd stîlpi, numai perimetrali (fig.

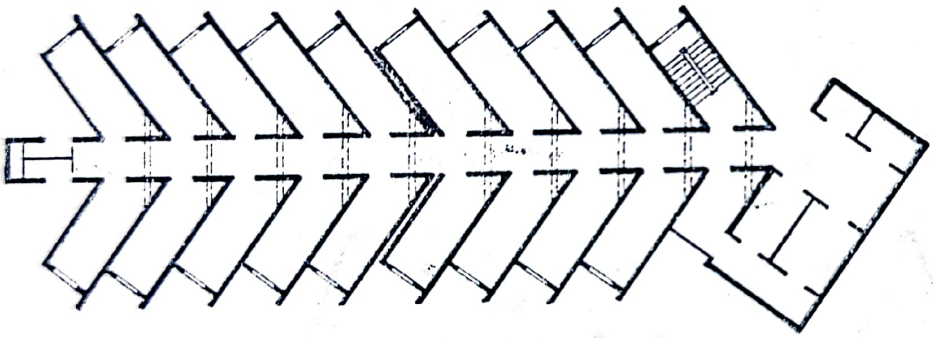
Scanned with OKEN Scanner



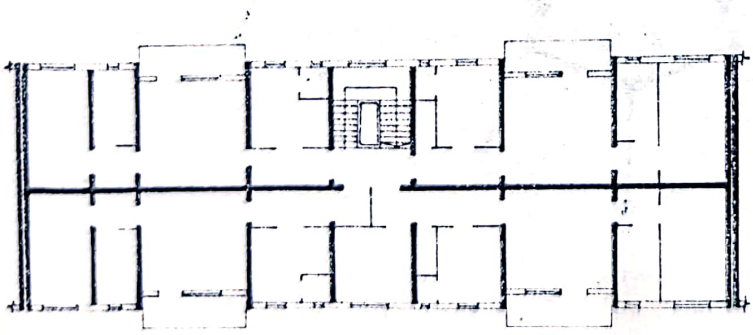
a Bloc de locuințe de tip „punct" (proiect tip I.P.C.T.)



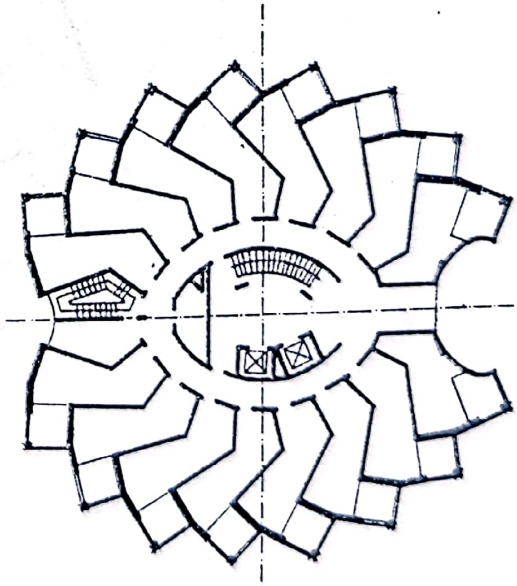
b Structură tipică pentru clădiri de cămine studențești.



c. Hotel la Karl-Marx Stadt (R.D.G.) [I.54]



d. Bloc de locuințe de tip „bară" (proiect tip I.P.C.T.)



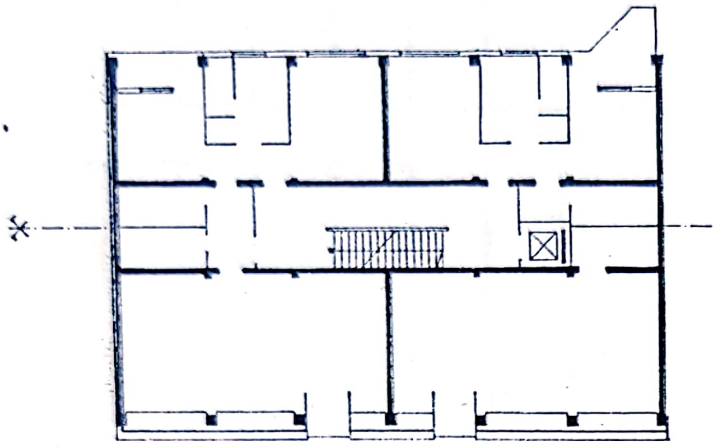
e. Hotelurile „Păianjen" de la Venus (Pajura, Vulturul, Cocorul) („Arhitectura", nr. 6/1971)

Fig. 1.4

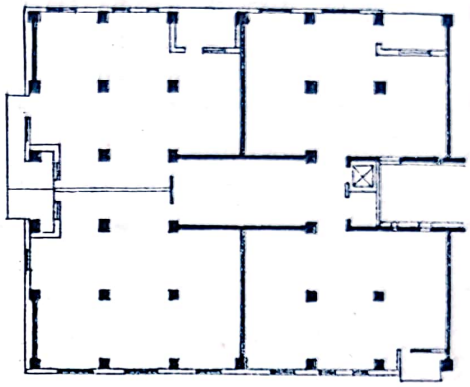
1.5, *a*, *c*) sau și la interior (fig. 1.5, *b*), pe care plăcile planșeelor reazemă prin intermediul unor grinzi sau direct, ca dale groase. În aceeași categorie intră și cazul din fig. 1.2, *b*.

Scanned with OKEN Scanner

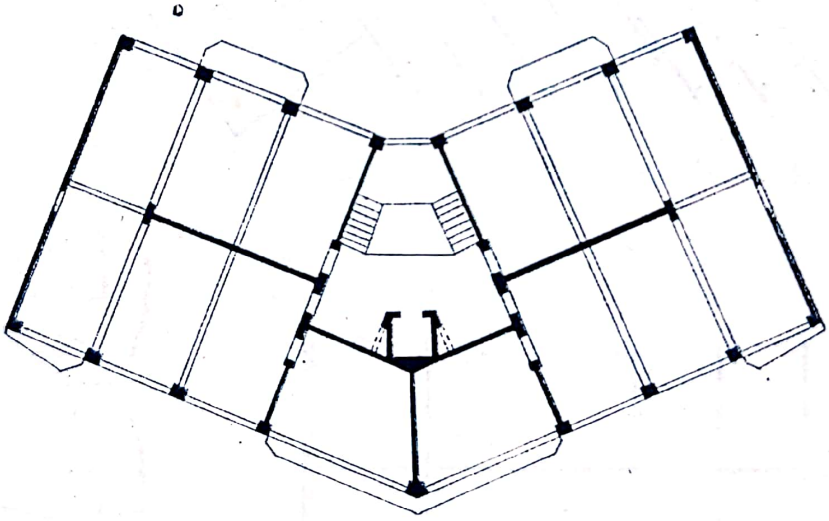
Sistemul se caracterizează printr-un consum de oțel cu circa 10—15% mai ridicat decît în soluția «fagure», prezentînd în schimb avantaje sub aspectul unei libertăți mai mari de plan, în special dacă planșeele se prevăd



a. Structură „celulară" pentru un bloc de locuințe de tip bară [I.30.]



b. Structură cu diafragme rare și stîlpi interiori deși pentru blocuri de locuințe

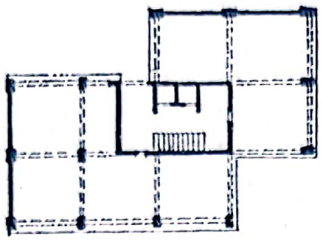


c. Structură pentru un bloc de formă neortogonală, cu P+10 niveluri și magazine la parter [I.7]

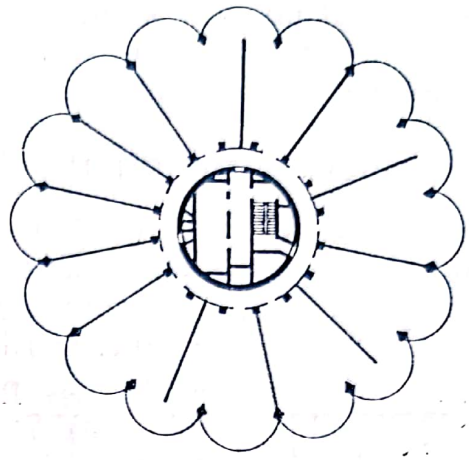
Fig. 1.5

sub forma de dale fără grinzi [I.14, I.30, I.37]. De asemenea, prin faptul că se utilizează ca diafragme numai pereții de delimitare a apartamentelor, majoritatea diafragmelor rezultă pline, ceea ce, pe lîngă o armare și o turnare mai simplă, conduce și la o conformare antiseismică mai bine controlată. Așa cum s-a arătat mai înainte, structurile cu diafragme rare permit și amplasarea unor magazine suficient de mari la parterul blocurilor de locuințe.

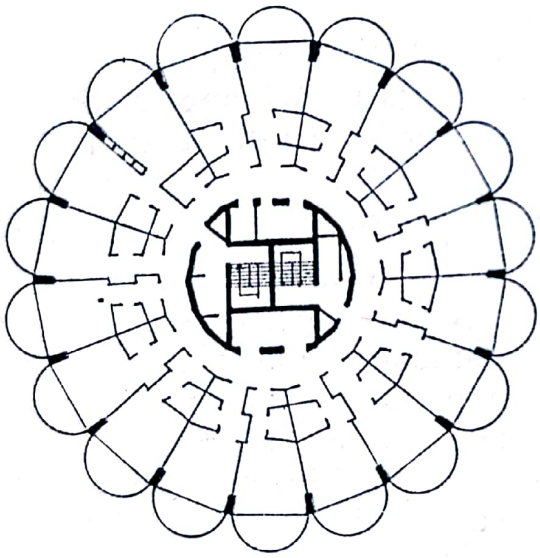
Scanned with OKEN Scanner



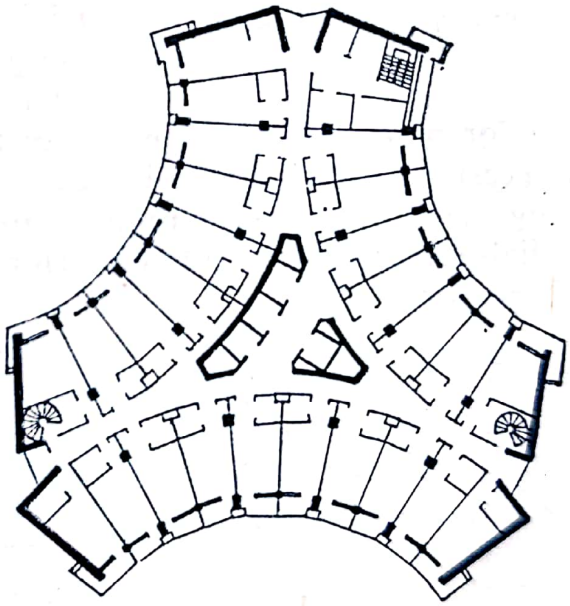
a. Bloc de locuințe de tip „punct" cu nucleu central în București [I.13]



b. Clădirile înalte „Marina City" din Chicago [I.44]



c. Hotelul Holiday Inn din Augsburg [I. 24]



d. Hotelul „Intercontinental" din București [I.55]

Fig. 1.6

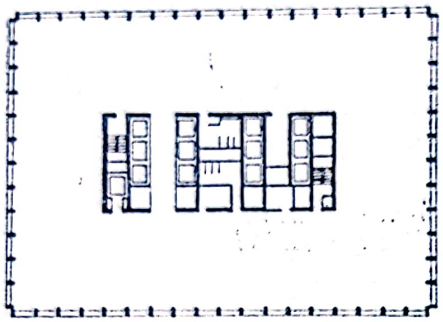
c) *Structuri cu nuclee (tuburi)*, în care diafragmele sînt grupate într-un nucleu central sau în mai multe nuclee, în rest prevăzîndu-se stîlpi. În fig. 1.6 sînt arătate astfel de structuri pentru un bloc de locuințe de tip punct (fig. 1.6, *a*) și două clădiri înalte de formă rotundă, cu nucleu central circular (fig. 1.6, *b*, *c*). Alte exemple de structuri cu nucleu central sînt cele din fig. 1.1, *a* și 1.2, *a*, iar cu două nuclee în fig. 1.1, *c* [I. 25].

Scanned with OKEN Scanner

Nucleul central poate fi completat cu diafragme perimetrale, eficiente pentru preluarea momentelor de torsiune generală din acțiunea încărcărilor orizontale aplicate excentric (fig. 1.6, *d*).

1.2.3. Structuri combinate diafragme-cadre

Structurile de la pct. 1.2.2, b și c reprezintă sisteme combinate, alcătuite din diafragme și cadre. După rolul și ponderea pe care elementele componente respective le au în preluarea încărcărilor verticale și orizontale, aceste structuri se pot împărți în următoarele categorii:

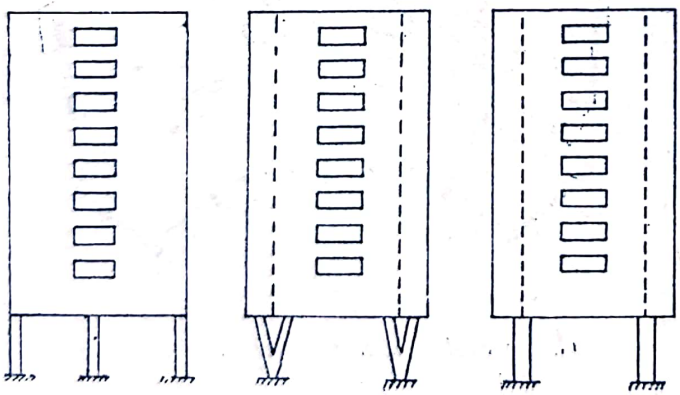


Structură „tub în tub"

Fig. 1.7

a) *Structuri rigide*, în care diafragmele sau nucleele sînt dominante ca rigiditate și capacitate portantă, preluînd practic în întregime încărcările orizontale. Cadrele preiau în acest caz numai încărcările verticale aferente, iar în sistemul cu nucleu central cadrele perimetrale participă și la preluarea momentelor de torsiune generală.

La clădiri de înălțimi mari, acest rol al cadrelor perimetrale începe să capete o importanță hotărîtoare, conducînd la necesitatea conformării lor ca tuburi perforate cu rigiditate sporită. Se ajunge astfel la soluția denumită tub în tub (fig. 1.7), în care nucleul central de diafragme formează tubul interior, iar pe perimetru se crează un al doilea tub, perforat.



Structuri cu diafragme rezemate la parter pe stîlpi

Fig. 1.8

b) *Structuri semirigide*, în care diafragmele sau nucleele sînt mai flexibile și în consecință o parte din încărcările orizontale revine cadrelor.

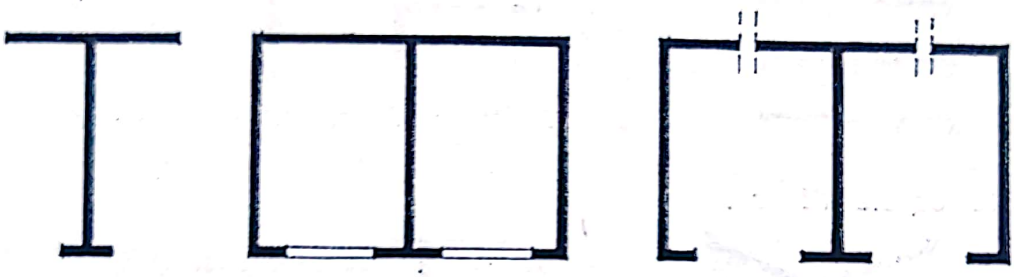
c) La blocurile de locuințe cu spații comerciale libere la parter sau la mai multe niveluri de la bază, precum și la alte construcții cu parter degajat, cum ar fi hotelurile avînd spații de recepție situate sub corpul de cazare, se pot folosi structuri cu *diafragme la nivelurile curente, rezemate la bază pe stîlpi* (fig. 1.8).

1.3. Formele geometrice ale diafragmelor

După forma construcției și cerințele funcționale și de rezistență, diafragmele care intră în componența unei structuri se pot prezenta ca *elemente*

Scanned with OKEN Scanner

izolate, ca în cazurile din fig. 1.2, *b*, 1.5, *b* și *c*, sau cuplate între ele, alcătuind *elemente spațiale cu profil deschis sau închis* (fig. 1.2, *a*, 1.3, 1.5, *a*, 1.6, *a* etc.). În unele situații, în special la structurile de tip fagure, se poate ajunge chiar ca întreg ansamblul de diafragme să poată fi considerat că formează un element spațial unic. În măsura în care în astfel de cazuri, în



a. Diafragmă izolată

b. Diafragme cuplate în elemente spațiale cu profil închis sau deschis

c. Descompunerea pentru calcul a elementelor spațiale în diafragme independente

Fig. 1.9

vederea simplificării calculelor, aceste elemente spațiale se consideră ca descompuse în diafragme independente, se regăsesc în calcul forme similare cu cele ale diafragmelor izolate (fig. 1.9, *a-c*).

1.3.1. Diafragme pline

Tipurile obișnuite de secțiuni ale diafragmelor pline sînt:

— secțiuni dreptunghiulare alungite, numite și *lamelare* (fig. 1.10, *a*);

— secțiuni avînd la capete îngroșări (stîlpi sau *bulbi*), ca în fig. 1.10, *b*;

— secțiuni cu tălpi evazate mai pronunțat, de o parte sau de ambele părți ale inimii, alcătuind profile în formă de T, I, L, C etc. (fig. 1.10, *c*), rezultate din cuplarea unor diafragme perpendiculare între ele sau din descompunerea unor elemente spațiale în diafragme independente ca în fig. 1.9, *c*.

Pe lîngă aceste forme curente, pot interveni și alte tipuri de secțiuni, cu forme dintre cele mai variate, din care unele exemple sînt arătate în fig. 1.10, *d*.

1.3.2. Diafragme cu goluri

La clădirile civile etajate, perforările prin goluri de uși și ferestre ale diafragmelor se prezintă de regulă sub forma de *șiruri de goluri suprapuse*, cu dispoziție ordonată, conducînd la diafragme formate din plinuri verticale *(montanți)*, legate între ele prin buiandrugi *(rigle de cuplare)*, ca în fig. 1.11, *a*, *b*, *c*, deci cu o conformare analogă unor cadre etajate.

Scanned with OKEN Scanner

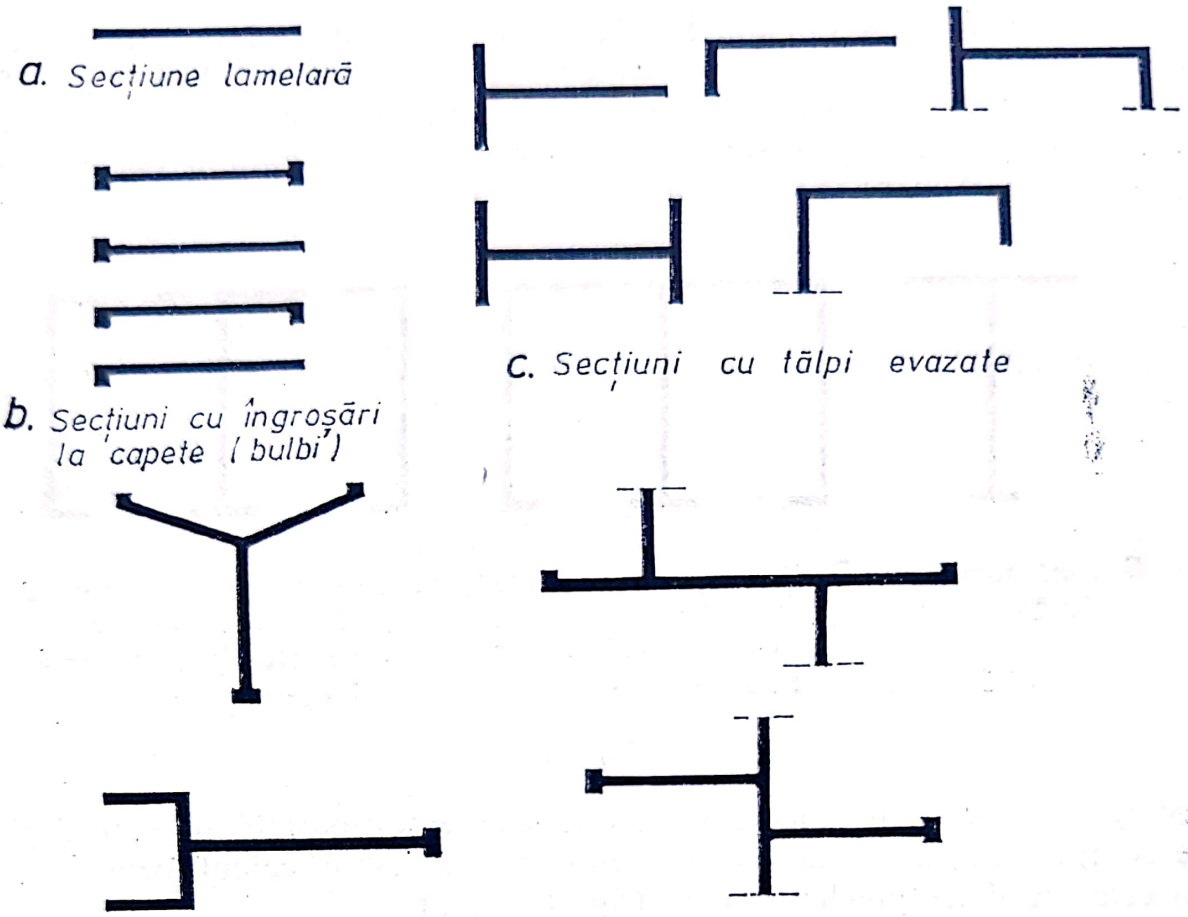


Fig. 1.10

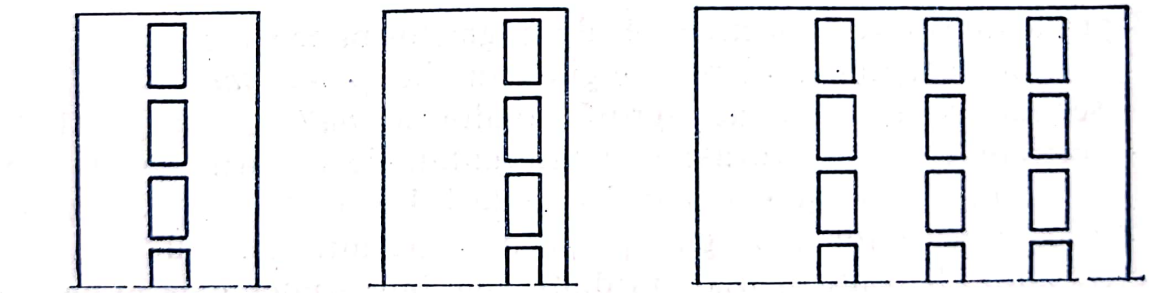


Fig. 1.11

Scanned with OKEN Scanner

Diafragme cu goluri dispuse neordonat (fig. 1.11, *d*) se întîlnesc mai rar la clădirile civile, dar intervin de multe ori la construcții industriale etajate, unde golurile pot servi pentru treceri de conducte de diametru mare, benzi transportoare sau alte elemente tehnologice.

Golurile pot fi după necesitate bordate cu îngroșări, fie numai ale montanților, fie și ale riglelor de cuplare (fig. 1.12).

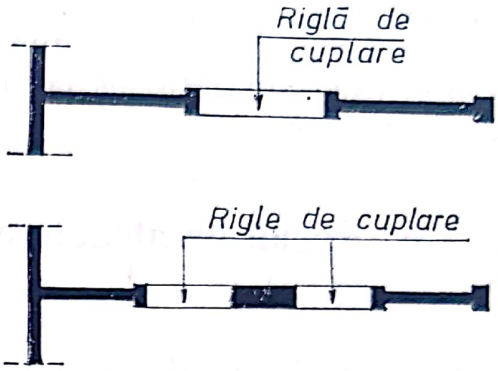


Fig. 1.12

1.3.3. Clasificarea diafragmelor în „lungi" și „scurte"

Diafragmele pline, fiind elemente care sub acțiunea unor forțe orizontale se comportă ca niște console verticale încastrate în bază, pot fi clasificate ca și grinzile în consolă, în *lungi* și *scurte*, în funcție de raportul H/h (fig. 1.13), respectiv de ponderea cu care intră deformațiile de încovoiere (δ^M) și cele de lunecare (δ^Q). Diferențierea între cele două categorii de diafragme este necesară deoarece mecanismele lor de cedare sînt diferite și în consecință intervin deosebiri și la ipotezele și procedeele de calcul.

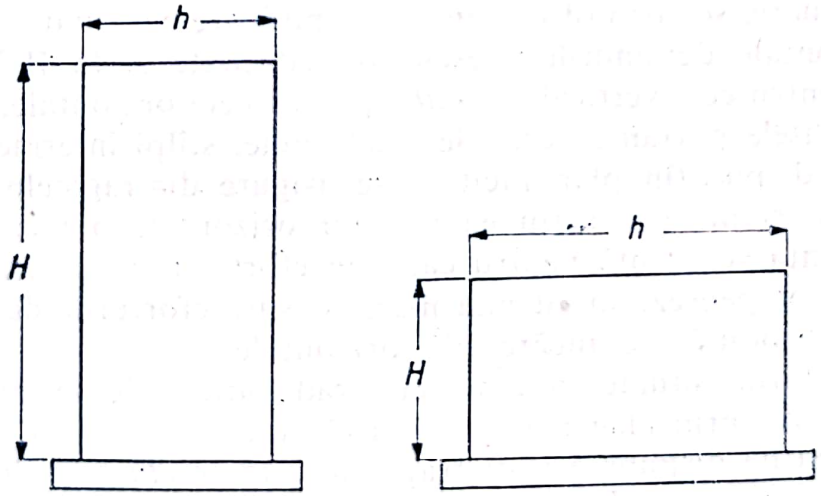


Fig. 1.13

Ponderea deformațiilor δ^Q reprezintă un criteriu de clasificare mai semnificativ decît raportul H/h. După [1.9, I.36], delimitarea pe această bază între cele două categorii se poate face pe baza regulei:

— diafragme *scurte*, cînd $\delta^Q \leqslant 0{,}1\ (\delta^Q + \delta^M)$,

— diafragme *scurte*, cînd $\delta^Q > 0{,}1\ (\delta^Q + \delta^M)$,

Scanned with OKEN Scanner

considerînd în mod convențional pentru δ^M și δ^Q valorile în domeniul elastic. Este de remarcat că în stadiul postelastic raportul se modifică, în sensul că prin fisurare rigiditatea la lunecare se reduce în măsură mai mare decît cea la încovoiere [I.59].

1.4. Reguli de alcătuire generală a structurilor cu diafragme (v. și [I.3, I.23])

O caracteristică de bază a structurilor cu diafragme — și în special a celor cu diafragme rare sau cu nuclee — în raport cu structurile în cadre etajate o constitue faptul că *rigiditatea construcției la deplasări laterale este concentrată într-un număr mai restrîns de elemente portante verticale* și de aceea capătă o importanță mai mare necesitatea evitării unor nesimetrii prea pronunțate și în general respectarea unor reguli de conformare corectă a ansamblului. Dintre acestea sînt de subliniat următoarele:

a) Prevederea de diafragme verticale atrage după sine și obligativitatea realizării planșeelor ca *diafragme (șaibe) orizontale*, cu rolul de a colecta forțele orizontale și a le transmite la diafragmele verticale. În consecință trebuie să se asigure planșeelor, prin alcătuirea și dimensionarea lor, capacitatea portantă și rigiditatea necesare, iar deschiderile între diafragmele verticale să fie limitate în funcție de acestea.

În continuare, se vor utiliza pentru simplificare pentru diafragmele verticale și orizontale denumirile prescurtate adoptate și în [I.3], și anume: *diafragme* pentru cele verticale și *șaibe* pentru cele orizontale.

b) Elementele portante verticale (diafragme, stîlpi intermediari) trebuie să fie astfel dispuse în plan încît să se asigure diafragmelor care preiau solicitări importante din acțiunea forțelor orizontale o încărcare gravitațională aferentă suficientă pentru ca, prin eforturile respective de compresiune, să se compenseze în cît mai mare măsură eforturile de întindere din încovoierea produsă de încărcările orizontale.

c) La clădirile situate în zone cu grad ridicat de seismicitate ($\geqslant 7$), se urmărește ca, prin alegerea corespunzătoare a formei în plan a clădirii și prin modul de dispunere a diafragmelor, *să se elimine sau să se reducă la minimum nesimetriile de mase și rigidități*, pentru a se evita efectele defavorabile de torsiune generală determinate de excentricitatea rezultantei forțelor seismice orizontale în raport cu centrul de rigiditate. În acest scop:

— Se evită formele în plan cu disimetrii accentuate, cum sînt cele în L sau T, iar în cazurile speciale cînd funcționalitatea clădirii reclamă totuși astfel de forme și aceasta conduce la disimetrii importante, se introduc după necesitate rosturi antiseismice, care să fragmenteze construcția în tronsoane simetrice.

Scanned with OKEN Scanner

— Se caută ca în cadrul aceluiași tronson de clădire, numărul de niveluri să fie același sau, dacă prezintă retrageri la ultimele niveluri, disimetriile induse de acestea să fie limitate.

— Prin distribuția în plan și dimensiunile diafragmelor, se urmărește să se elimine sau să se reducă la minimum excentricitatea centrului maselor în raport cu centrul de rigiditate al ansamblului.

— La stabilirea dispoziției în plan a diafragmelor, se ține seama și de condiția ca torsiunile generale inerente să poată fi preluate fără supra-solicitări importante. În acest sens, se recomandă ca, cel puțin pe una din direcții, diafragmele extreme să fie suficient de depărtate, încît să opună torsiunii un braț de pîrghie avantajos. Exemple sînt arătate în fig. 1.5, *c* și 1.6, *d*, precum și în fig. 7.8. Același rol poate fi îndeplinit și de cadre perimetrale rigide, așa cum s-a arătat la pct. 1.2.3.

— De regulă, se recomandă ca rigiditatea de ansamblu a structurii la deplasări laterale să fie de același ordin de mărime după toate direcțiile în plan.

d) De asemenea, sînt de evitat, în special în zone seismice, formele și sistemele constructive în care încărcările gravitaționale acționează asupra ansamblului cu excentricități mari și dirijate într-un același sens, determinînd o solicitare la încovoiere generală în sensul respectiv.

Scanned with OKEN Scanner

2. DATE EXPERIMENTALE ȘI CONSTATĂRI ASUPRA COMPORTĂRII STRUCTURILOR CU DIAFRAGME LA DIFERITE SOLICITĂRI

2.1. Date experimentale (v. și [I.66])

Cercetările de laborator asupra comportării diafragmelor din beton armat la diferite solicitări s-au dezvoltat pe măsură ce utilizarea în practică a acestor structuri a căpătat extindere și s-au cristalizat problemele care necesitau verificări experimentale.

Într-o primă perioadă, între anii 1950—1970, cercetările în acest domeniu au avut un caracter mai sporadic și un volum restrîns, limitîndu-se la abordarea unor aspecte izolate și în general fără a se axa pe specificul solicitărilor dinamice alternante de tipul celor seismice.

În ultimul deceniu, pe măsura răspîndirii mai largi a sistemului constructiv cu diafragme din beton armat și a recunoașterii avantajelor sale la realizarea construcțiilor rezistente la cutremure, acțiunea de cercetare experimentală s-a intensificat în multe țări și mai cu seamă în cele interesate în problemele proiectării antiseismice (S.U.A., Japonia, Noua Zeelandă etc.). În această perioadă a început să se pună accentul din ce în ce mai mult pe studierea comportării diafragmelor pline și cu goluri în condițiile specifice solicitărilor seismice, adică în domeniul postelastic, pînă la stadiul de cedare și sub încărcări dinamice ciclice.

În continuare se va face referire numai la cercetările asupra diafragmelor monolite, cu mențiunea că și pentru cele din panouri mari prefabricate există date similare, din cercetările efectuate în U.R.S.S., Franța, România și alte țări.

În aceeași perioadă, în țara noastră s-au efectuat la Institutul politehnic din Timișoara o serie de încercări pe modele cu privire la o altă categorie de solicitări și anume cele produse de contracția betonului.

În ultimii ani, s-a trecut și la noi la un program mai amplu de cercetări multilaterale asupra structurilor cu diafragme din beton armat, cu participarea INCERC și a Catedrei de Construcții de beton armat de la Institutul de construcții din București [I.66].

Scanned with OKEN Scanner

2.1.1. Diafragme pline

Printre primele cercetări experimentale asupra unor diafragme pline din beton armat se situează cele japoneze din anii 1950 și cele de la Universitatea din Stanford — S.U.A. (1958) [I.20], ambele limitate la diafragme scurte, «înrămate» (bordate cu îngroșări). Ca încercări la forțe dinamice sînt de menționat din aceeași perioadă cele de la Cambridge — Massachussets (S.U.A.) [I.10], care însă s-au axat mai mult pe solicitări de tipul celor produse de explozii.

Dintre programele mai ample de cercetare din ultimul deceniu sînt de amintit:

— Încercările pe diafragme lungi și scurte, efectuate în S.U.A. la laboratorul Portland Cement Association de la Skokie (Illinois) [I.31]. Sînt de menționat în primul rînd cele publicate în anul 1973 de *Cardenas*, *Hanson*, *Corley*, *Hognestad* și *Magura* [I.27, I.28], pe baza cărora s-au precizat prevederile din prescripțiile americane ACI 318—77 referitoare la dimensionarea diafragmelor. Principala concluzie trasă, valorificată prin includerea în aceste prescripții, a constat în aceea că modelul de rupere și implicit cel de determinare a capacității portante la compresiune excentrică valabil pentru elemente de beton armat liniare poate fi adoptat și la diafragmele lungi. De asemenea, a fost fundamentat și propus un mod de calcul al diafragmelor la forță tăietoare. De asemenea, sînt relevante încercările mai recente ale lui *Oesterle*, *Aristizabal-Ochoa*, *Fiorato*, *Russell* și *Corley*, privitoare la modul cum parametrii de alcătuire (forma secțiunii, cu sau fără bulbi la capete, armarea capetelor, cantitatea și modul de dispunere a armăturii în inimă etc.) influențează asupra comportării histeretice a diafragmelor pline [I.58, I.22].

— Studiile experimentale din aceeași perioadă, pe diafragme scurte supuse la solicitări dinamice alternante, din S.U.A. [I.15, I.16] și Noua Zeelandă [I.19], care au adus precizări cu privire la similitudinea între comportarea la forță tăietoare a acestor elemente și cea a unor console scurte.

— Programul vast de încercări la solicitări ciclice, desfășurat la Universitatea din Berkeley (California) [I.64, I.22]. Pe baza rezultatelor publicate în anul 1975 de *Wang*, *Bertero* și *Popov* [I.76], s-au tras concluzii cu privire la necesitatea dimensionării la o valoare a forței tăietoare asociată momentului capabil, precum și la rolul armăturilor longitudinale și transversale ale bulbilor asupra capacității de deformare postelastică a diafragmelor. Dintre cercetările mai noi în același domeniu sînt de citat cele din anul 1979 ale lui *Vallenas*, *Bertero* și *Popov* [I.74 , I.22].

2.1.2. Diafragme cu goluri

Calculul diafragmelor cu goluri, asimilate cu structuri formate din bare, s-a limitat într-o primă etapă la domeniul elastic, aplicîndu-se meto-

Scanned with OKEN Scanner

dele cunoscute din Statica construcțiilor. În acest context, cercetările teoretice și experimentale au avut ca obiect mai mult precizarea adaptărilor și corecțiilor ce trebuie aduse calculului pe schema de cadru etajat pentru a ține seama de specificul masiv al elementelor componente ale diafragmelor cu goluri și în deosebi al montanților. Din această categorie de cercetări sînt de amintit și verificările pe modele fotoelastice efectuate în anul 1962 la Timișoara [I.49].

O etapă calitativ superioară în studiul experimental al diafragmelor cu goluri s-a atins în ultimul deceniu prin trecerea la cercetarea modului lor de lucru în domeniul postelastic, prin încercări pe modele de beton armat, duse pînă la stadiul de cedare și luînd în considerare și încărcări ciclice de tipul celor seismice. De relevat sînt în primul rînd încercările efectuate la Universitatea Canterbury din Christchurch (Noua Zeelandă) sub conducerea lui *Th. Paulay* [I.59, I.60, I.61, I.62, I.63], axate pe o analiză de detaliu a comportării riglelor de cuplare, ca elemente componente ale diafragmelor cu goluri, a mecanismului lor de cedare și a influenței acestor caracteristici asupra modulului de lucru al diafragmelor cu goluri în ansamblu. Principalele rezultate obținute pot fi sintetizate după cum urmează (fig. 2.1):

— La riglele de cuplare relativ înalte (cu raport $h/l > 1{,}5$), mecanismul de rupere sub o încărcare antisimetrică de felul celei induse de acțiunea unor forțe orizontale (fig. 2.1, *a*), se depărtează de cel al barelor lungi solicitate preponderent la încovoiere, în sensul că cedarea se produce la forță tăietoare.

— Dacă etrierii sînt dimensionați după regulile obișnuite valabile pentru grinzi lungi, adică luînd în considerare și aportul betonului, atunci ruperea se produce casant, în modul arătat în fig. 2.1, *b*, *c*, printr-o fractură înclinată care traversează întregul element (rupere prin «întindere diagonală»). Grinda se desface în acest mod în două console cu secțiune variabilă (fig. 2.1, *d*), astfel că armăturile longitudinale de pe ambele fețe sînt supuse la întindere pe toată lungimea, iar eforturile respective de întindere se transmit prin ancorare dincolo de secțiunile de încastrare. Rezultă deci că în ambele secțiuni de încastrare apar simultan eforturi de întindere atît în armătura superioară cît și în cea inferioară, fapt confirmat de constatările experimentale. În cazul încărcărilor alternante, acest efect este cauzat și de acumularea de deformații remanente de întindere din fiecare ciclu de încărcare.

— Capacitatea de deformare postelastică se îmbunătățește dacă etrierii sînt dimensionați pentru a prelua în întregime forța tăietoare (fără luarea în considerare a aportului betonului). În acest caz se schimbă și mecanismul de rupere, căpătînd aspectul din fig. 2.1, *e* (rupere prin lunecare locală în secțiunile de încastrare, datorită efectului conjugat al momentului încovoietor de plastificare și al forței tăietoare).

Scanned with OKEN Scanner

Consecințele asupra comportării unei diafragme cu goluri în ansamblul ei sînt studiate apoi în lucrarea [I.63].

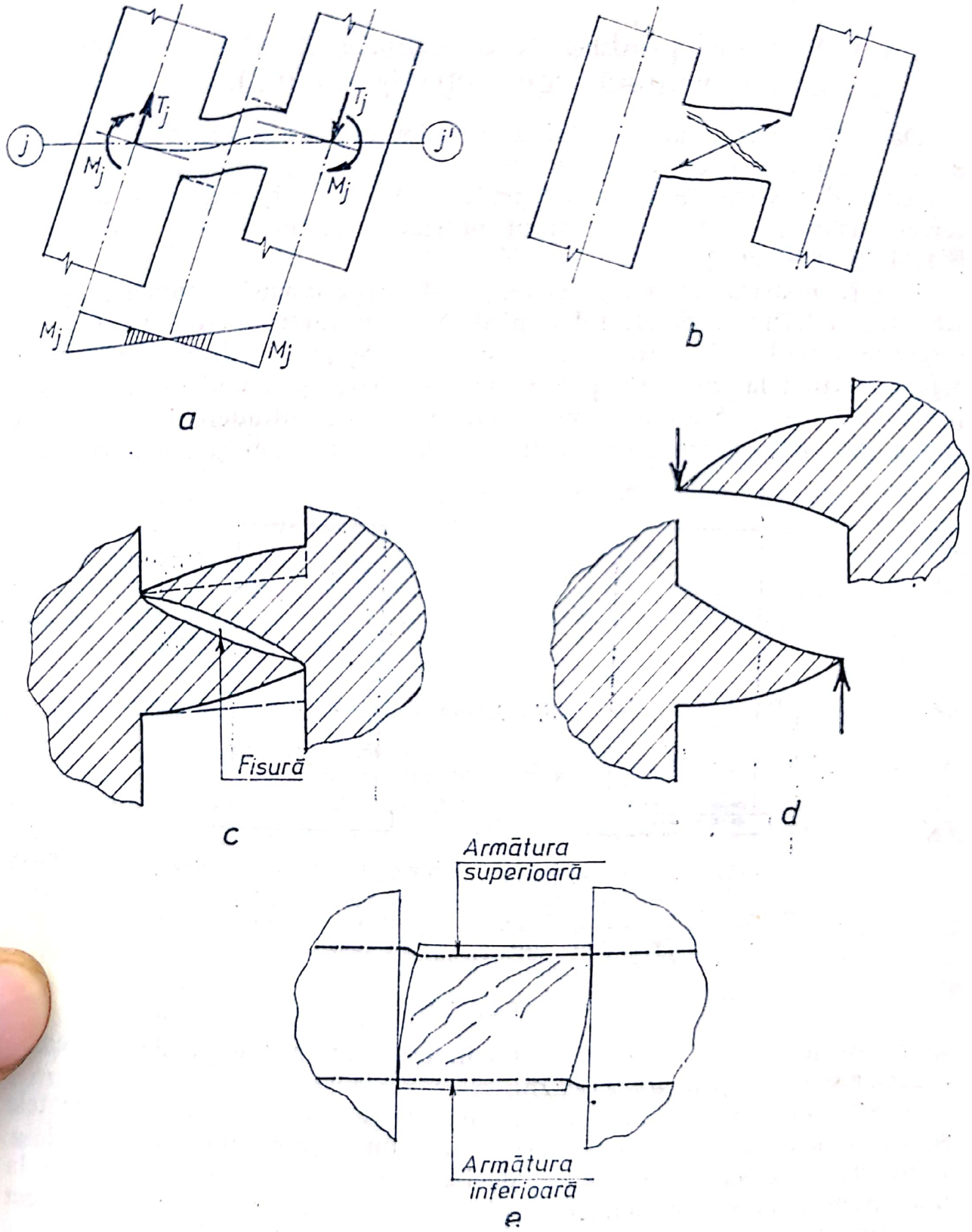


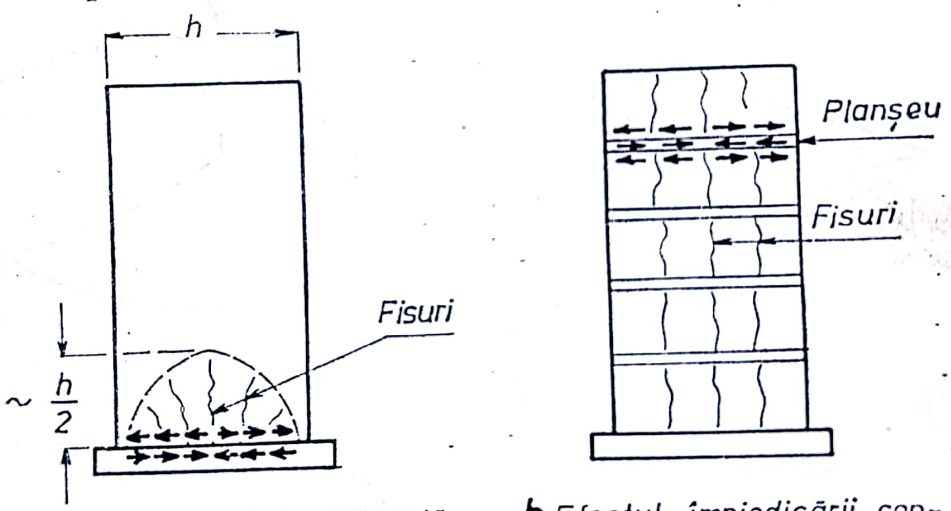
Fig. 2.1

Încercări referitoare la comportarea riglelor de cuplare și a diafragmelor cu goluri în ansamblu s-au efectuat în ultimii ani și la laboratorul P.C.A. de la Skokie (Illinois) [I.11, I.17].

2.1.3. Solicitări produse de deformații împiedicate (variații de temperatură, contracția betonului)

Datorită caracterului masiv al structurilor cu diafragme, capătă importanță — mai mult decît la cele în cadre — eforturile produse de deformații împiedicate *(autotensiuni)*, problemă care a făcut obiectul preocupărilor cercetătorilor încă de la începutul utilizării acestui sistem constructiv [I.1, I.35, I.70 etc.].

În țara noastră, un program amplu de experimentări numerice și de laborator referitoare la efectul împiedicării contracției betonului din diafragmele monolite de către fundații și planșeele intermediare prefabricate a fost efectuat la Institutul politehnic Timișoara, începînd din anul 1970 [I.12, I.40, I.41]. S-au determinat eforturile de întindere în diafragme create prin împiedicarea contracției lor libere, precum și zonele în care



a. Efectul împiedicării contracției diafragmei de către fundație

b. Efectul împiedicării contracției diafragmei de către planșeele intermediare prefabricate

Fig. 2.2

apar fisurile corespunzătoare și deschiderile lor în funcție de procentul de armare în cîmp al diafragmelor.

Cînd contracția este împiedicată numai la bază, de către fundație, efectele se localizează în vecinătatea acesteia, în zona reprezentată în fig. 2.2, *a*. Cînd planșeele sînt prefabricate, deci cu contracția practic consumată la data punerii în operă, împiedică și ele contracția diafragmelor; în acest caz, fenomenul se generalizează pe toată înălțimea, ca în fig. 2.2, *b*.

Scanned with OKEN Scanner

2.1.4. Probleme diverse, detalii de armare

La recenta Conferință mondială de inginerie seismică de la Istanbul (septembrie 1980), s-au prezentat numeroase comunicări cuprinzînd studii teoretice și date experimentale privitoare la diferite probleme cu caracter particular ale comportării diafragmelor pline și cu goluri, cum ar fi:

— influența solicitării la încovoiere în plan perpendicular pe cel al inimii diafragmei (solicitare biaxială);

— comportarea la încărcări repetate a diafragmelor avînd de la început o fisură la forță tăietoare;

— diafragme cu goluri locale, cu diferite variante de dispunere a armăturilor în jurul golurilor;

— comportarea îmbinărilor prin petrecere ale armăturilor întinse din bulbii de capăt, la încărcări ciclice etc.

Toate aceste cercetări sînt menționate în cadrul părții a III-a lucrării (vol. II), de conținutul căreia sînt legate.

Ca o concluzie generală a studiilor teoretice și experimentale enumerate, se poate afirma (v. și [I.22]) că rezultatele lor au pus în evidență posibilitatea de a realiza structuri cu diafragme din beton armat cu caracteristici de comportare convenabile sub aspectul rigidității, rezistenței, ductilității și capacității de absorbție a energiei, demonstrînd astfel calitățile lor din punctul de vedere al utilizării la construcții în zone seismice.

2.2. Constatări asupra comportării la cutremure puternice

Comportarea clădirilor etajate cu diafragme din beton armat la diferite cutremure puternice din ultimii 20 ani, cum au fost cele de la Anchorage-Alaska (1964), Caracas-Venezuela (1967), San Fernando—S.U.A. (1971), (1971), Managua—Nicaragua (1972), Imperial Valley—S.U.A. (1979) etc. este cunoscută din literatura străină de specialitate [I.21, I.36, I.76 etc.].

Pentru cazul cutremurelor din țara noastră (vrîncene), caracterizate prin focare de mare adîncime (peste 100 km), respectiv prin perioade dominante lungi de oscilație a solului, datele cele mai prețioase au fost furnizate de constatările de la cutremurul din 4 martie 1977, în București și în alte orașe mari ale țării [I.29, I.42, I.65, I.79]. De fapt, acesta a fost primul cutremur puternic din România după introducerea sistemului constructiv cu diafragme din beton armat la clădirile etajate, deci primul la care sistemul a fost supus unei testări pe scară largă, în diferitele lui variante.

Practic, în București, clădirile cu diafragme din beton armat au rezistat în general în mod satisfăcător la cutremurul din 1977, deși fuseseră proiectate pe baza unor prescripții care s-au dovedit descoperitoare, atît din

Scanned with OKEN Scanner

punctul de vedere al nivelului forțelor seismice de calcul, cît și din cel al prevederilor referitoare la dimensionare și la alcătuirea constructivă, iar calitatea execuției nu a fost totdeauna corespunzătoare. În aceste condiții, unul din principalii factori care au determinat o comportare favorabilă a structurilor cu diafragme a fost capacitatea lor de deformare postelastică.

După cum este știut, s-au înregistrat în București numai două corpuri de clădire prăbușite, dintre care unul cu structură de tip fagure și altul cu diafragme rezemate la parter pe stîlpi, totalizînd împreună 109 apartamente, adică mai puțin decît 0,5‰ din totalul apartamentelor construite în București în sistemul cu diafragme monolite [I.65], iar majoritatea celorlalte clădiri nu au prezentat avarii grave.

În răspunsul structurilor la acțiunea seismică, un rol semnificativ l-au jucat fără îndoială și deformațiile terenului de fundație, pe de o parte prin contribuția lor la absorbția energiei seismice, iar pe de altă parte prin unele redistribuții ale încărcărilor seismice orizontale între diafragmele componente ale structurilor. Orice considerații teoretice referitoare la acest aspect, care să permită reflectarea lui în procedeele de calcul, sînt în mod firesc în mai mică măsură comparabile cu constatări cantitative.

În cele ce urmează, se va face referire cu precădere la constatările făcute la construcțiile din România la cutremurul din 4 martie 1977, menționînd însă și unele date din alte țări.

2.2.1. Comportarea de ansamblu a structurilor

În toate țările, construcțiile realizate pe baza unei concepții și alcătuiri de ansamblu antiseismice clare, în spiritul principiilor de conformare expuse la paragraful 1.4, și dimensionate la un nivel suficient al forțelor seismice de calcul au răspuns satisfăcător la cutremure puternice. Deficiențe au intervenit de regulă numai la structurile cu vicii de alcătuire generală sau de dimensionare și în cazul unor defecte de execuție grave, mai ales sub aspectul calității betonului din diafragme.

O măsură de verificare orientativă cu caracter global, menționată în lucrarea [I.76], este de a asigura diafragmelor componente ale structurii, luate în totalitatea lor, o secțiune activă suficientă la forță tăietoare. Măsura privește în special structurile cu diafragme mai puternic solicitate, cum sînt cele cu diafragme rare, cu nucleee sau cu o singură diafragmă longitudinală. În lucrare se citează un studiu japonez, în care se prezintă rezultatele unei analize statistice a comportării la cutremur a unor clădiri în funcție de valoarea raportului între secțiunea însumată a diafragmelor și aria totală a unui nivel, trăgîndu-se concluzia că la clădirile cu peste 10 niveluri la care acest raport a fost de cel puțin 0,8% nu s-au constatat deteriorări însemnate din acțiunea seismică.

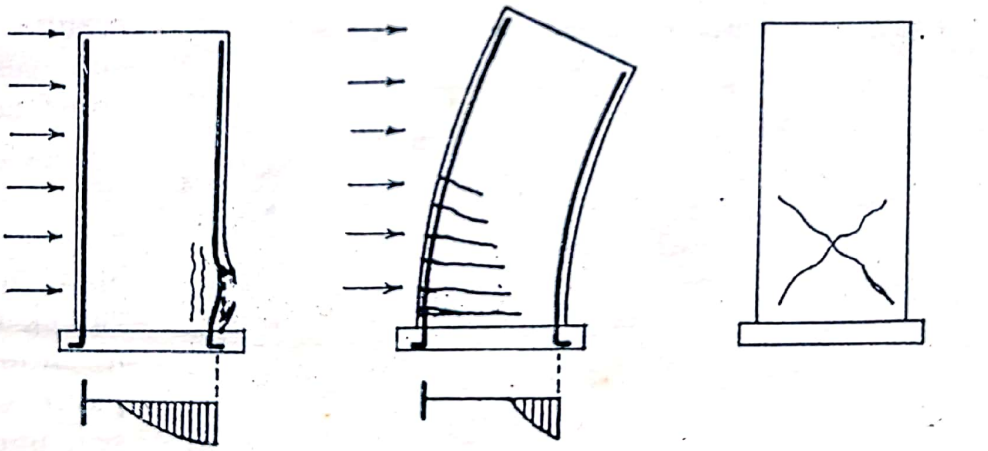
Scanned with OKEN Scanner

Avarieri frecvente au prezentat planșeele, mai ales la structurile cu diafragme rare sau cu nuclee, din solicitarea ca șaibă orizontală, precum și din deplanările provocate de diferențele între rotirile în plan vertical din dreptul diafragmelor și cele din dreptul cadrelor intermediare.

2.2.2. Comportarea diafragmelor pline

În fig. 2.3 este reprezentată schematic starea de eforturi la baza unei diafragme pline, pentru sensul de acțiune din figură al forțelor orizontale, evidențiindu-se cele trei zone caracteristice: capătul cu compresiuni maxime, capătul întins și inima, solicitată preponderent de eforturi principale după direcții înclinate. În figură sînt arătate și efectele caracteristice corespunzătoare.

a) Cele mai periculoase avarii sînt cele din *zona comprimată*, materializate prin cedarea de tip casant a acestei zone sub efectul conjugat al eforturilor de compresiune produse de încărcările verticale și de momentul încovoietor și al celor produse de forța tăietoare, care în stadiul ultim se concentrează în aceeași zonă.



a. Cedarea zonei comprimate

b. Intrarea în curgere a armăturilor întinse

c. Fisuri în inimă produse de forța tăietoare

Fig. 2.3

Avarii de acest tip, care la cutremurul din anul 1977 au fost rar întîlnite la blocurile din București, au necesitat consolidări prin rebetonare sau cămășuiri.

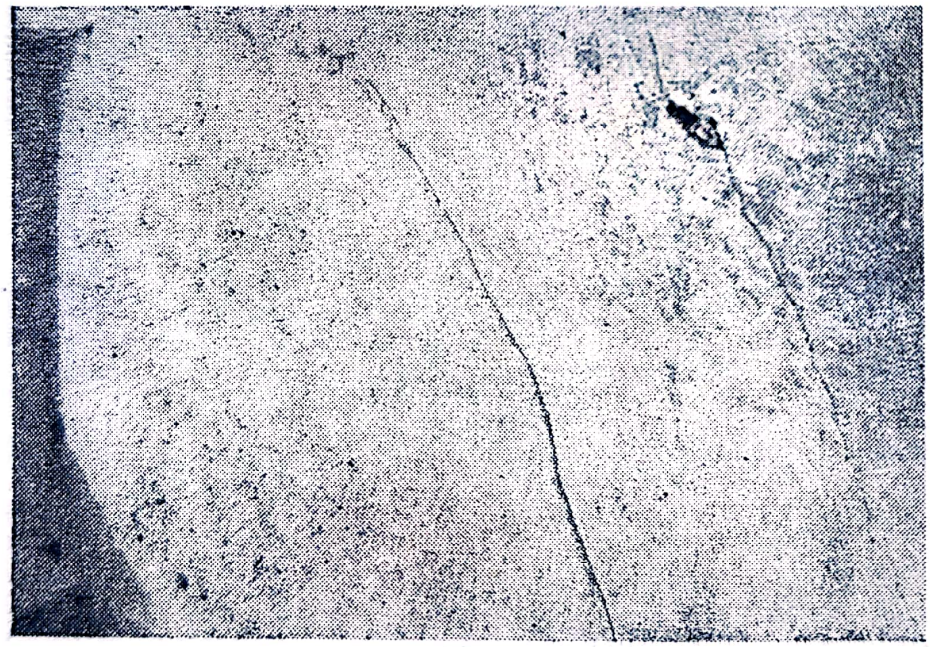
b) Tot la capetele diafragmelor, în situația cînd au lucrat ca *zone întinse*, s-au produs fisuri orizontale, în general nesemnificative și care nu au necesitat măsuri speciale de consolidare.

c) Cele mai frecvente deteriorări au apărut la *inimile diafragmelor*, sub forma de fisuri înclinate, uneori cu deschideri destul de mari, din acți-

Scanned with OKEN Scanner

unea forțelor tăietoare (fig. 2.4). Acestea au scos în evidență faptul că *nivelul de asigurare a diafragmelor la forță tăietoare a fost inferior celui la compresiune excentrică*, din mai multe motive:

a



b

Fig. 2.4

— momentele capabile efective ale secțiunilor diafragmelor erau mai mari decît cele pe baza cărora se dimensionau armăturile întinse, datorită pe de o parte schemei prea acoperitoare după care se calculau eforturile de întindere în armătură (prin însumarea volumului întinderilor determinate cu formula lui Navier) și pe de altă parte, la diafragmele cu tălpi evazate, subevaluării lățimii de conlucrare a tălpilor;

— în multe cazuri, la aceasta s-a adăugat și faptul că din calcul a rezultat o armare sub cea minimă constructivă și în consecință armarea reală a fost superioară celei strict necesare din calcul, conducînd la un moment capabil care depășea, uneori destul de mult, momentul de calcul;

— prescripțiile nu prevedeau obligativitatea corelării între asigurarea la forță tăietoare și cea la compresiune excentrică prin dimensionarea la o forță tăietoare stabilită pe baza momentului capabil (sau a celui de fisurare, dacă era superior momentului capabil);

— chiar relațiile utilizate în practică pentru dimensionarea la forță tăietoare nu erau totdeauna acoperitoare.

Scanned with OKEN Scanner

La clădirile la care diafragmele au fost armate în cîmp cu plase din oțel OB 37 sau PC 52, deci cu armături prezentînd o ductilitate ridicată, în lungul fisurilor înclinate a fost afectat numai betonul, armăturile deformîndu-se fără să ajungă la rupere, astfel încît au fost suficiente reparații prin injectare sau chituire cu rășini epoxidice. La diafragmele armate cu plase sudate din STNB, s-au semnalat și cazuri în care în lungul fisurilor înclinate au prezentat ruperi și armăturile.

Fisurile înclinate nu au constituit avarii grave decît în situațiile, mai rar întîlnite, în care au progresat și în zona comprimată a secțiunii, determinînd o rupere prin dizlocare diagonală a diafragmei și necesitînd în consecință consolidări prin rebetonare sau cămășuire.

În unele cazuri, pe lîngă fisurile înclinate caracteristice eforturilor principale de întindere, s-au dezvoltat și fisuri verticale preexistente cutremurului, cauzate de contracția betonului și care uneori s-au unit cu cele înclinate. La clădirile executate în cofraje glisante, aceste fisuri verticale s-au marcat îndeosebi pe liniile tijelor de glisare.

d) Pe lîngă cele arătate mai înainte, au apărut în inimile diafragmelor și fisuri orizontale, de cele mai multe ori la rosturile de turnare din dreptul planșeelor.

2.2.3. Comportarea diafragmelor cu goluri

La diafragmele cu goluri, avarieri avansate și în proporție de masă au apărut la riglele de cuplare, extinse deseori pe aproape toată înălțimea clădirii și constînd în cele mai multe cazuri din fisurări și chiar ruperi provocate de forțele tăietoare (fig. 2.5.). După gravitatea acestora, au fost necesare consolidări mergînd de la injectarea fisurilor și placarea lor cu pînză din fibre de sticlă, pînă la returnarea integrală a riglelor respective. Bineînțeles, noțiunea de «gravitate» se referă în acest caz la rigla însăși, ca element, fără să-și mențină același caracter și pentru diafragma în ansamblu, pentru care fisurarea sau chiar ruperea unor rigle de cuplare nu reprezintă o avarie gravă.

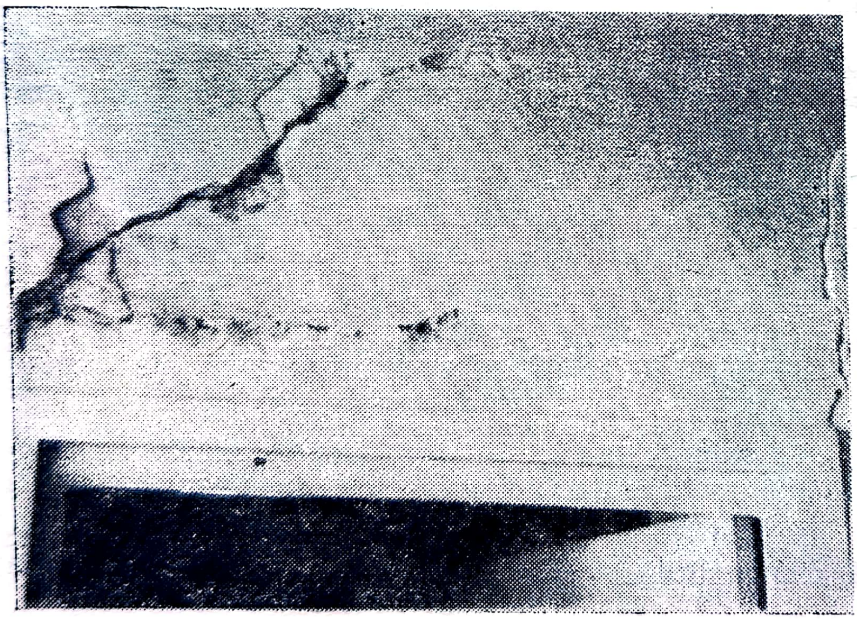
Suprasolicitarea acestor elemente a rezultat din faptul că, la înălțimile obișnuite de etaj ale clădirilor de locuit, înălțimile secțiunilor riglelor dintre golurile de uși suprapuse au fost limitate la 50—60 cm și uneori chiar mai puțin, nefăcînd posibilă dimensionarea lor la același nivel de asigurare cu cel al montanților.

Cedarea la forță tăietoare a demonstrat totodată că la riglele de cuplare, în mai mare măsură chiar decît la elementele verticale, capacitatea de preluare a forței tăietoare a fost inferioară celei la moment încovoietor (forțele tăietoare de calcul luate în considerare la dimensionare nu au fost cele asociate momentelor capabile ale riglelor). De asemenea, cele constatate au confirmat cancluziile cercetărilor de laborator expuse la pct. 2.1.2, în sensul că datorită caracterului alternant al încărcărilor seismice nu se poate conta pe aportul betonului la preluarea forței tăietoare.

Scanned with OKEN Scanner

La montanții diafragmelor cu goluri, comportarea a fost similară cu cea a diafragmelor pline, cu observația că în cazul golurilor dispuse pronunțat disimetric, ca în fig. 1.11, *b*, s-au manifestat mai defavorabil efectele concentrărilor de eforturi de compresiune în montanții marginali cu secțiuni reduse, la care devin importante și compresiunile suplimentare din acțiunea forțelor orizontale (efectul «indirect»).

a



b

Fig. 2.5

2.3. Comportarea la alte solicitări

Din urmărirea comportării în exploatare a blocurilor de locuințe executate în București și în alte localități, au rezultat o serie de observații cu privire la modul cum s-au manifestat în timp solicitări de felul celor produse de variații de temperatură, de contracția betonului sau de tasări inegale ale terenului de fundație, — adăugîndu-se la informațiile rezultate din cercetările de laborator menționate la pct. 2.1.3. Unele din acestea au făcut obiectul unor comunicări și discuții la schimburile de experiență «Comportarea în situ a construcțiilor» de la Oradea (1976) și Călimănești (1978) [I.52, I.57], altele au fost publicate separat [I.35, I.40, I.41, I.23]. S-au evidențiat în principal următoarele:

a) La extremitatea superioară a diafragmelor iau naștere eforturi de întindere orizontale datorită împiedicării de către diafragme a dilatării

Scanned with OKEN Scanner

ultimului planșeu sub acțiunea încălzirii locale puternice a terasei expuse direct la însorire. La diafragmele fără armătură continuă pe inimă, acest fenomen a generat fisuri vizibile verticale și înclinate, pe înălțimea ultimului nivel, ca în fig. 2.6 [I.35, I.45].

b) Constatări cu privire la fisurarea diafragmelor datorită contracției betonului sînt menționate în [I.35, I.59], iar în cazul special al construcțiilor cu structura din beton de granulit, în [I.40, I.52]. O formă mai accentuată a acestei fisurări apare cînd compoziția betonului utilizat la turnarea diafragmelor este de natură a genera contracții mai mari decît cele obișnuite (betoane fluide, depășirea proporției admisibile de adaos de clorură de calciu etc.).

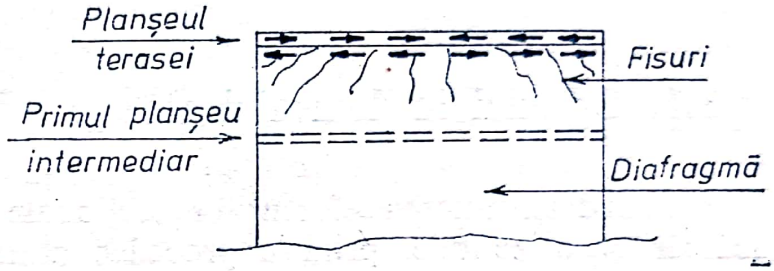


Fig. 2.6

c) Structurile cu diafragme monolite se pretează la o alcătuire avantajoasă pentru asigurarea unei bune comportări în cazul clădirilor fundate pe terenuri susceptibile de tasări inegale importante. Date interesante în legătură cu această problemă au rezultat din urmărirea sistematică în exploatare a clădirilor executate în ansamblul Țiglina—Galați, fundate pe un pachet de loessuri de circa 20 m grosime și care, după cum se cunoaște, au suferit tasări mari datorită inundării loessului prin creșterea cu 10—15 m în curs de 20 ani a nivelului pînzei freatice. S-au putut trage următoarele concluzii:

— construcțiile mai înalte (9—11 niveluri) s-au comportat mai bine decît cele cu 5 niveluri, pe de o parte ca urmare a rigidității mai mari a structurilor la deplasări verticale, iar pe de altă parte datorită faptului că la aceste clădiri a fost mai ușor să se realizeze un subsol general, alcătuit sub formă de cutie rigidă;

— pentru a evita diferențe de tasări prea mari pe lungimea aceluiași corp de clădire, sînt de preferat în astfel de situații blocuri de tip punct, iar cele de tip bară trebuie fragmentate în tronsoane suficient de scurte, prin rosturi de tasare dimensionate corespunzător;

— la clădirile avînd pe una din direcții o singură diafragmă, este recomandabil să se evite slăbirea ei prin goluri de uși suprapuse pe toată înălțimea, decalînd pe cît posibil aceste goluri la diferitele niveluri.

Scanned with OKEN Scanner

3. DEZVOLTAREA METODELOR DE CALCUL ȘI STADIUL LOR ACTUAL

3.1. Calculul în domeniul elastic

Pentru determinarea eforturilor secționale în diafragme din acțiunea încărcărilor orizontale, primele procedee utilizate în practică s-au bazat, ca și în cazul altor tipuri de structuri din beton armat, pe considerarea lor ca *elemente din material omogen și elastic.*

În plus, pentru a se putea aplica metodele cunoscute din Statica sistemelor de bare, s-a recurs la asimilarea în calcul a diafragmelor pline și a montanților și riglelor diafragmelor cu goluri cu *elemente liniare (bare).* Influența caracterului real masiv al diafragmelor s-a luat în considerare în mod simplificat, introducînd unele corecții față de ipotezele admise în mod obișnuit în calculul cadrelor etajate, și anume:

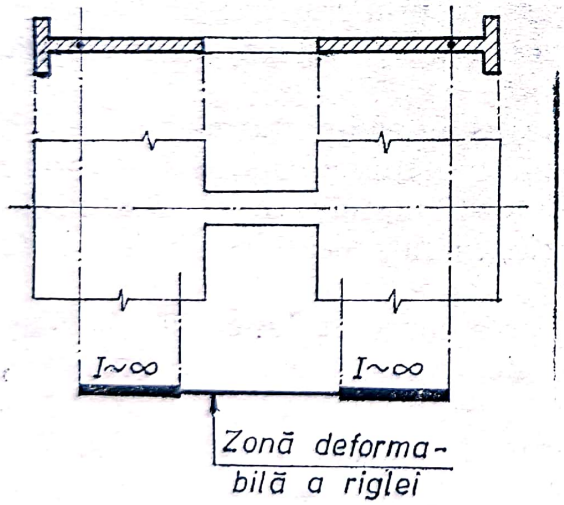


Fig 3.1

— pentru rigle s-a adoptat o schematizare ca în fig. 3.1 (bară cu secțiune variabilă, cu o zonă deformabilă numai pe porțiunea golului, ca în figură, iar pe rest cu moment de inerție infinit) [1.8], ipoteză confirmată și prin studii pe modele fotoelastice [I.49];

— se ține seama în calcul și de deformațiile produse de eforturile axiale din montanți, care în special la diafragme zvelte și cu rigle de cuplare relativ rigide capătă o pondere importantă [1.5, 1.6];

— de asemenea, atît la elementele verticale cît și la riglele de cuplare, se ține seama și de deformațiile produse de forțele tăietoare, care devin semnificative îndeosebi la diafragmele scurte [1.5];

— modulii de rigiditate ai riglelor de cuplare se afectează cu coeficienți de reducere, mergînd de la 0,6 pînă la 0,15 [1.3, I.5, I.61], pentru a lua în considerare gradul de fisurare, sensibil mai avansat decît cel al montanților.

Scanned with OKEN Scanner

Caracterul monoton pe verticală al diafragmelor obișnuite, cu grosimi constante pe toată înălțimea clădirii, pline sau cu șiruri de goluri suprapuse identice la toate etajele, a permis sistematizarea calculului sub forme foarte simple, abordabile fără dificultăți printr-un calcul manual. Se ajunge la tabele sau abace cuprinzînd coeficienți pentru determinarea directă a eforturilor secționale și a deplasărilor, în funcție de parametrii geometrici ai riglelor și montanților.

Primele procedee de acest fel, utilizate pe scară largă în perioada 1960—1970, au fost cele bazate pe aproximarea legăturilor reale discrete constituite de riglele de cuplare prin legături continue echivalente, ceea ce a permis înlocuirea sistemului de ecuații de condiție din metoda deplasărilor printr-o ecuație diferențială unică, aplicabilă independent de numărul de etaje *(metoda structurii continue înlocuitoare)*. Totodată s-au introdus și alte aproximații, în sensul echivalării diafragmelor cu mai multe șiruri de goluri prin diafragme înlocuitoare cu un singur șir de goluri simetric. Din această categorie de procedee, sînt cunoscute cele publicate de *Albigès* și *Goulet* (Franța) [I.8], *Beck* (R. F. Germania) [I.18] și *Rosman* (R. S. F. Iugoslavia) [I.67]. În prezenta lucrare sînt tratate în cadrul cap. 10.

O altă variantă de sistematizare a aceluiași calcul pornește de la schema reală a sistemului cu legături discrete, în care diafragma cu goluri este schematizată printr-un cadru etajat (metoda reducerii la cadre), iar pe baza rezolvării sistemului de ecuații de condiție din metoda deplasărilor, sînt întocmite tabele în care se dau direct valorile eforturilor secționale în funcție de numărul de niveluri. Procedeul, propus de autorii lucrării de față în anul 1971 [I.4] și dezvoltat apoi în lucrările [I.5, I.6], este prezentat detaliat în cadrul cap. 8 și 9.

Sînt cunoscute și tabelele de calcul din cartea lui *Rosman* [I.67], în care diafragmele cu goluri, indiferent de numărul real de niveluri, sînt aproximate prin cadre echivalente cu 10 niveluri, introducînd pentru elementele componente rigidități transformate în consecință.

În toate aceste metode simplificate, problema repartiției spațiale a încărcărilor orizontale între diafragmele componente ale unei structuri, inclusiv pentru momentele de torsiune generală din acțiunea unor încărcări orizontale aplicate excentric, este abordată tot în mod simplificat, punînd condiția de egalitate a deplasărilor la un singur nivel.

O atenție specială s-a dat calculului nucleelor de diafragme, care, în cazul cînd prezintă o rigiditate suficientă pentru a prelua practic în întregime încărcările orizontale, inclusiv efectele de torsiune generală, se pretează de asemenea la procedee de calcul simplificate, cu luarea în considerare a caracterului lor spațial [I.39, I.43, I.47, I.48, I.51, I.68].

În ultimii ani, pe măsura dezvoltării centrelor de calcul electronic și a elaborării programelor necesare, s-a trecut la folosirea pe scară din ce în ce mai largă a calculatoarelor în proiectarea curentă a structurilor cu

Scanned with OKEN Scanner

diafragme. Aceasta a permis abordarea unor forme perfecționate și mai diversificate ale calculului, între care pot fi menționate următoarele mai importante:

a) Păstrînd schematizarea ca sisteme de bare, s-a putut utiliza pentru determinarea eforturilor secționale cu calcul mai riguros, bazat pe ecuațiile de condiție scrise sub forma lor generală, deci valabil și pentru structuri nemonotone pe verticală, cum ar fi cele cu etaje de înălțimi diferite, cu grosimile diafragmelor variabile pe înălțimea construcției, cu retrageri la etajele superioare etc., precum și pentru structuri combinate, formate din diafragme sau nuclee flexibile conlucrînd cu cadre.

b) Pe aceeași schemă, s-au dezvoltat și procedeele de analiză dinamică la solicitări seismice, atît cele bazate pe curbe spectrale, cît și variantele mai moderne, de calcul biografic în raport cu accelerograme date ale unor cutremure.

c) S-a putut aborda un calcul al diafragmelor ca elemente de suprafață, utilizînd discretizarea în elemente finite, ceea ce a permis determinarea stării de eforturi în diafragme de forme speciale sau cu goluri dispuse neordonat, cît și un calcul spațial al ansamblurilor de diafragme, considerate ca profile cu pereți subțiri, deschise sau închise [I.26]. O formă mai evoluată și mai recentă a calculului pe bază de elemente finite o constituie transpunerea pe această schemă a caracteristicilor betonului armat (evidențierea armăturilor, a zonelor de beton întins fisurate și a variației caracteristicilor de rigiditate în funcție de stadiul de solicitare [I.72, I.75]).

Tratarea metodelor de calcul din aceste categorii nu face obiectul prezentei lucrări.

3.2. Calculul în domeniul postelastic

Necesitatea practică a unei verificări a structurilor cu diafragme din beton armat printr-un calcul în domeniul postelastic s-a impus în special pentru solicitările din cutremure puternice, la care în cazul clădirilor etajate obișnuite apariția unor deformații postelastice este de regulă inevitabilă. Este binecunoscut astăzi că rezistența (supraviețuirea) la astfel de acțiuni a clădirilor, inclusiv a celor cu diafragme din beton armat, depinde de capacitatea lor de a disipa energia indusă de seism, prin mecanismul histeretic care însoțește solicitarea lor în domeniul inelastic. *Investigarea acestui domeniu s-a dovedit că nu reprezintă numai o cale de perfecționare a metodelor de calcul, ci poate constitui și o bază pentru îmbunătățirea concepției de alcătuire a structurilor.*

Calculul în stadiul postelastic s-a dezvoltat mai mult în ultimii ani, ca urmare a îmbogățirii bagajului de date experimentale și de studii teoretice (amintite la § 2.1), precum și a acumulării de observații de la cutremure

Scanned with OKEN Scanner

recente, la care s-a putut urmări comportarea clădirilor cu structuri moderne, cum sînt cele cu diafragme din beton armat (v. și § 2.2).

Un prim pas în direcția cuprinderii în calcul a proprietăților inelastice ale structurilor cu diafragme a constat în aplicarea unor procedee de primă aproximație, limitate la considerarea plastificării unor rigle de cuplare mai solicitate și care practic nu puteau fi dimensionate ca să preia integral eforturile rezultate dintr-un calcul în stadiul elastic [I.77], [I.3 (§ 3.6.3)].

Procedee mai avansate, constînd în urmărirea biografică a evoluției stadiilor de solicitare și a apariției progresive a articulațiilor plastice, cu verificarea pe parcurs a condițiilor limitative (atingerea rotirii limită în articulațiile plastice sau a capacității portante la forță tăietoare, plastificarea terenului de fundație etc.), comportă un calcul mai laborios. În cadrul acestei categorii de metode de calcul, se prezintă în partea a IV-a a lucrării (vol. II) un *procedeu energetic* (bazat pe caracterizarea capacității de rezistență a structurii prin capacitatea sa de absorbție a energiei induse de cutremur) [I.66], sistematizat pentru a putea fi aplicat și într-un calcul manual.

O treaptă calitativ superioară în modelarea comportării reale în stadiul postelastic a structurilor la solicitări seismice o constituie *calculul dinamic neliniar*, în care, pornind de la o acțiune seismică definită prin accelerograma ei, se urmărește pas cu pas evoluția în timp a stării de eforturi și dezvoltarea deformațiilor plastice pe durata mișcării considerate. O astfel de analiză este evident abordabilă numai cu ajutorul unui calculator electronic, cu folosirea unui program de mare complexitate.

3.3. Domenii de utilizare

În prezent, calculul în domeniul elastic își păstrează o aplicare practic generală în proiectarea curentă a clădirilor etajate cu diafragme. Pentru determinarea eforturilor din *acțiunea vîntului*, este suficient să se limiteze calculul la acest stadiu [I.3]; dar chiar în cazul *acțiunilor seismice*, analiza în stadiul elastic, la încărcările convenționale prevăzute în prescripții, rămîne o primă treaptă indispensabilă în determinarea eforturilor, fiind după necesitate continuată printr-un calcul în stadiul postelastic.

În etapa actuală, în care analiza postelastică a structurilor cu diafragme din beton armat se află încă într-un stadiu de asimilare de către proiectanți și nu s-au creat încă toate condițiile pentru o aplicare a ei mai generală, calculul la acțiuni seismice se limitează și el de multe ori la domeniul elastic. Completarea cu o analiză postelastică apare totuși recomandabilă cel puțin în cazuri cum sînt:

— construcții de importanță deosebită;
— construcții cu grad mare de repetabilitate (proiecte tip);

Scanned with OKEN Scanner

— structuri cu alcătuiri speciale, pentru care un calcul obișnuit în domeniul elastic se apreciază a fi insuficient de reprezentativ;

— structuri la care, datorită alcătuirii lor de ansamblu, sînt de așteptat redistribuții importante ale solicitărilor în stadiul postelastic.

Această problemă, în care și instrucțiunile P. 85—78 [I.3] cuprind la punctul 3.1.2 unele reglementări, va fi reluată în prezenta lucrare în cadrul cap. 15 (vol. II).

3.4. Dimensionarea diafragmelor

3.4.1. Dimensionarea elementelor verticale la compresiune excentrică

În țara noastră, pînă la apariția instrucțiunilor tehnice P. 85—78, în lipsa unor date experimentale privind comportarea și mecanismul de rupere la compresiune excentrică a elementelor din beton armat cu pereți subțiri, cu forme de secțiuni de felul celor ale diafragmelor, s-a practicat în proiectarea curentă verificarea secțiunilor și dimensionarea armăturilor întinse printr-un calcul convențional constînd în determinarea eforturilor unitare cu formula lui Navier și dimensionarea armăturilor la volumul eforturilor de întindere astfel calculate. În același mod s-a procedat de altfel și pentru alte tipuri similare de elemente de suprafață din beton armat (grinzi-pereți, plăci curbe subțiri etc.).

În majoritatea cazurilor, acest calcul era foarte acoperitor din punctul de vedere al dimensionării armăturilor întinse, respectiv rezultau pentru o armătură dată momente capabile inferioare celor reale. Așa cum s-a arătat mai înainte la pct. 2.2.2, subevaluarea momentelor capabile a condus însă la o subevaluare corespunzătoare a forțelor tăietoare asociate acestora, rezultînd astfel o situație descoperitoare din punctul de vedere al dimensionării la forță tăietoare.

Studiile experimentale efectuate în ultimii 10 ani [I.28, I.58, I.59, I.63, I.66, I.76], precum și informațiile asupra comportării diafragmelor din beton armat la cutremurele mari recente, au constituit o fundamentare a introducerii la noi, prin instrucțiunile citate, a calculului secțiunilor elementelor verticale ale diafragmelor ca elemente liniare de beton armat.

În cazul special al diafragmelor scurte, a căror comportare este similară cu cea a unor console scurte verticale, nu s-a reușit încă pînă în prezent să se ajungă la un model satisfăcător, astfel încît prevederile respective din lucrarea [I.3] trebuie considerate ca o rezolvare provizorie, care necesită în continuare să fie îmbunătățită.

Problema dimensionării diafragmelor la compresiune excentrică este tratată detaliat în cap. 13 al lucrării (vol. II).

Scanned with OKEN Scanner

3.4.2. Dimensionarea la forță tăietoare

În trecut nu s-a acordat verificării la forță tăietoare a diafragmelor supuse la solicitări seismice importanța necesară, fapt demonstrat în mod convingător de frecventele avarieri la forță tăietoare intervenite la cutremure puternice, cum a fost și cel din anul 1977 din România. Modul de determinare a forțelor tăietoare de calcul, cît și cel de verificare a secțiunilor la acțiunea lor, uzitat în trecut la noi, conducea în general la cantități reduse de armătură transversală în inimile diafragmelor.

Primele prevederi oficializate în România cu privire la calculul diafragmelor din beton armat la forță tăietoare au fost date în cadrul normativului P. 100—78 și detaliate în Instrucțiunile tehnice P. 85—78, în care, pe lîngă dimensionarea armăturilor orizontale pe baza verificării în secțiuni înclinate, s-a introdus și obligativitatea unei verificări a armăturilor verticale care traversează rosturile orizontale de turnare din dreptul planșeelor.

Este de subliniat că în prezent se manifestă în mai multe țări tendința de a revizui prevederile referitoare la verificarea diafragmelor din beton armat la forță tăietoare din prescripțiile de proiectare antiseismică, în sensul punerii lor de acord cu cunoștințele mai recente acumulate în această problemă. Este vorba de a corela în mod mai consecvent valoarea de calcul a forței tăietoare cu cea a momentului capabil al diafragmei și totodată de îmbunătățirea modului de stabilire a capacității portante la această solicitare.

Probleme similare de corelare între capacitatea portantă la moment încovoietor și la forță tăietoare se pun și la riglele de cuplare, căpătînd aspecte mai stringente cînd aceste elemente au înălțimi reduse de secțiuni, obligate, așa cum se întîmplă la blocurile obișnuite de locuințe cu înălțimi mici de etaje.

Pentru verificarea la forță tăietoare a riglelor de cuplare în secțiuni înclinate, în lucrarea [I.3] s-au adoptat relații similare celor valabile pentru grinzile obișnuite, cu deosebirea că nu se contează pe aportul betonului, etrierii dimensionîndu-se pentru a prelua în întregime forța tăietoare.

Scanned with OKEN Scanner

4. ORDINEA GLOBALĂ A OPERAȚIILOR DE CALCUL

Proiectarea structurilor din beton armat comportă în general patru etape principale:

— stabilirea alcătuirii generale, a schemei de calcul și a încărcărilor și predimensionarea elementelor componente;

— calculul eforturilor secționale;

— dimensionarea și armarea în secțiunile de calcul;

— definitivarea alcătuirii constructive de detaliu.

Dacă pentru determinarea eforturilor în stadiul elastic este de regulă suficientă numai o predimensionare a secțiunilor de beton ale elementelor structurii, trecerea la un calcul postelastic comportă și o stabilire prealabilă a armărilor efective, de obicei pe baza eforturilor rezultate din calculul în domeniul elastic. În cazul structurilor cu diafragme, aceste etape se intercondiționează în mai mare măsură decît la alte tipuri de structuri, în special cînd se efectuează și o analiză postelastică, datorită dificultăților de a reuși o predimensionare care să nu mai necesite reveniri.

Pentru o mai bună orientare în succesiunea acestor operații, se dau în capitolul de față indicații cu caracter general, care sînt apoi detaliate în capitolele următoare. În fig. 4.1 se prezintă o schemă-bloc de ansamblu, pe grupuri de operații, iar în schema logică mai detaliată din fig. 4.2 acestea sînt defalcate pe operații. Pentru a facilita urmărirea corelării între cele două scheme, în fiecare rubrică a schemei-bloc din fig. 4.1 sînt specificate operațiile corespunzătoare din schema din fig. 4.2. Totodată, la fiecare rubrică sînt menționate și capitolele din prezenta lucrare în care sînt tratate problemele respective.

Organizarea celor două scheme corespunde cazului cînd calculul capătă cea mai complexă formă. Este evident însă că în proiectarea curentă nu se ajunge totdeauna la necesitatea parcurgerii tuturor operațiilor enumerate, unele condiții fiind vizibil îndeplinite fără să necesite toate verificările stipulate.

Scanned with OKEN Scanner

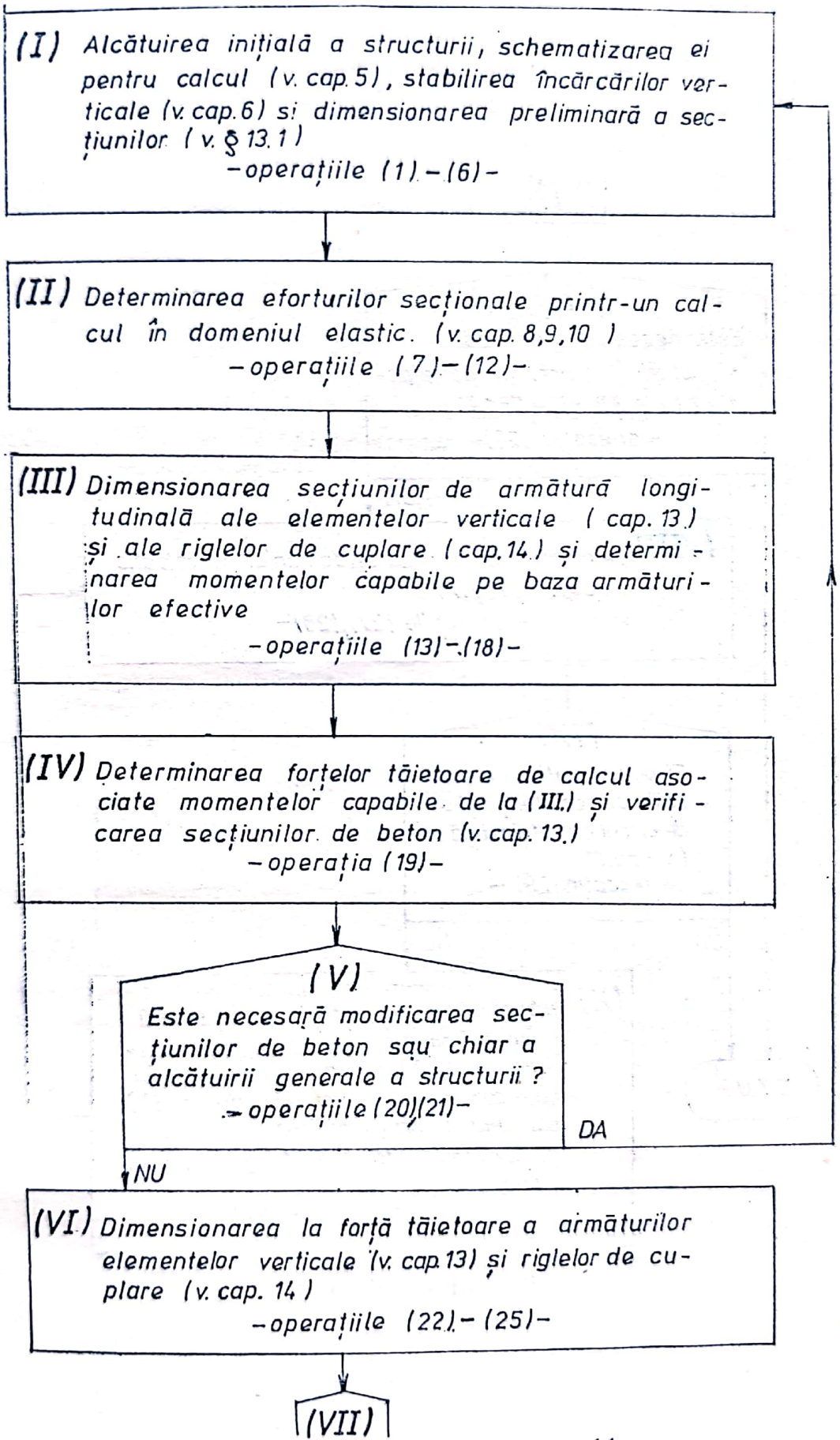


Fig. 4.1 Schemă bloc de ansamblu

Scanned with OKEN Scanner

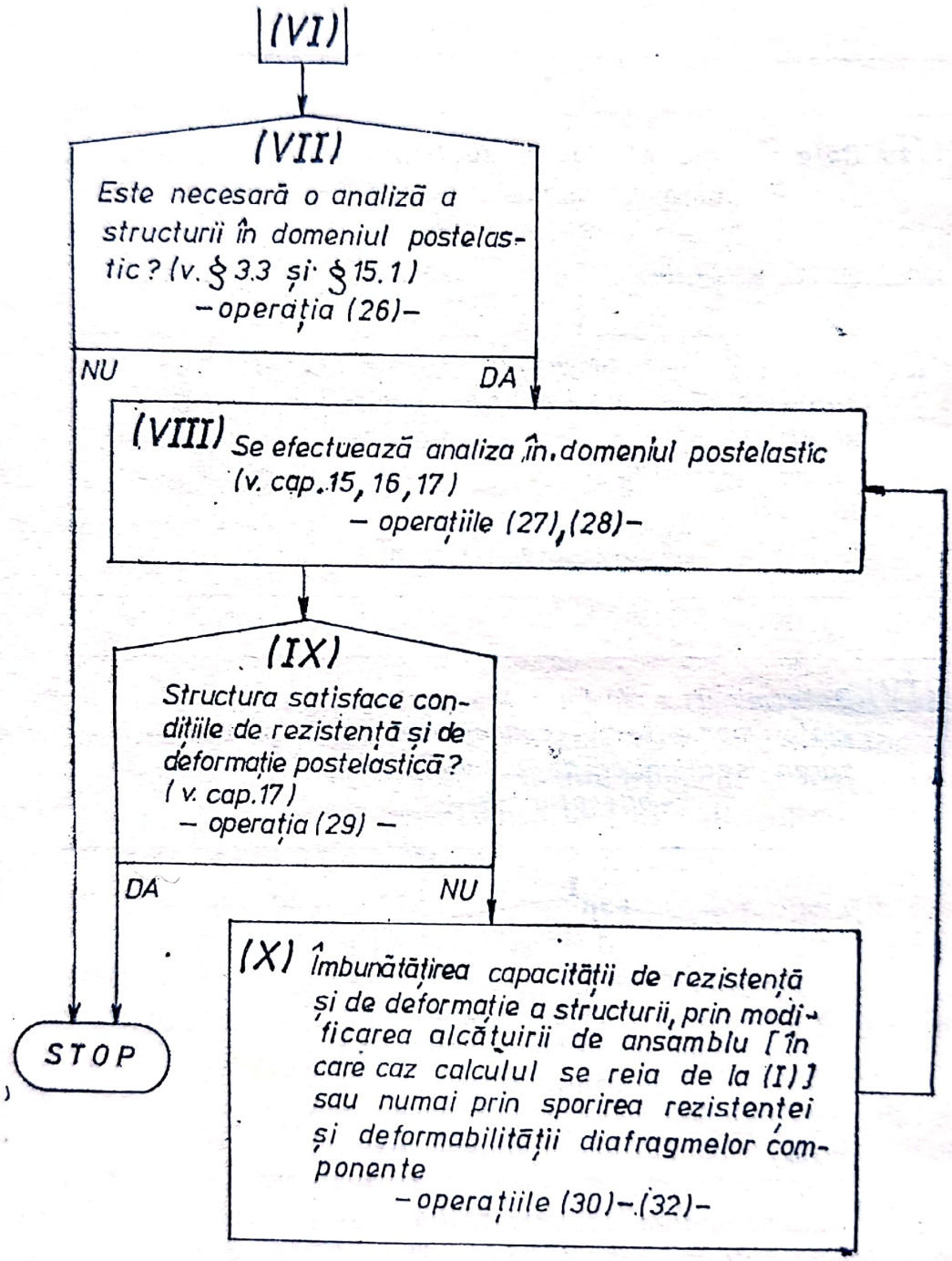


Fig. 4.1 (continuare)

Scanned with OKEN Scanner

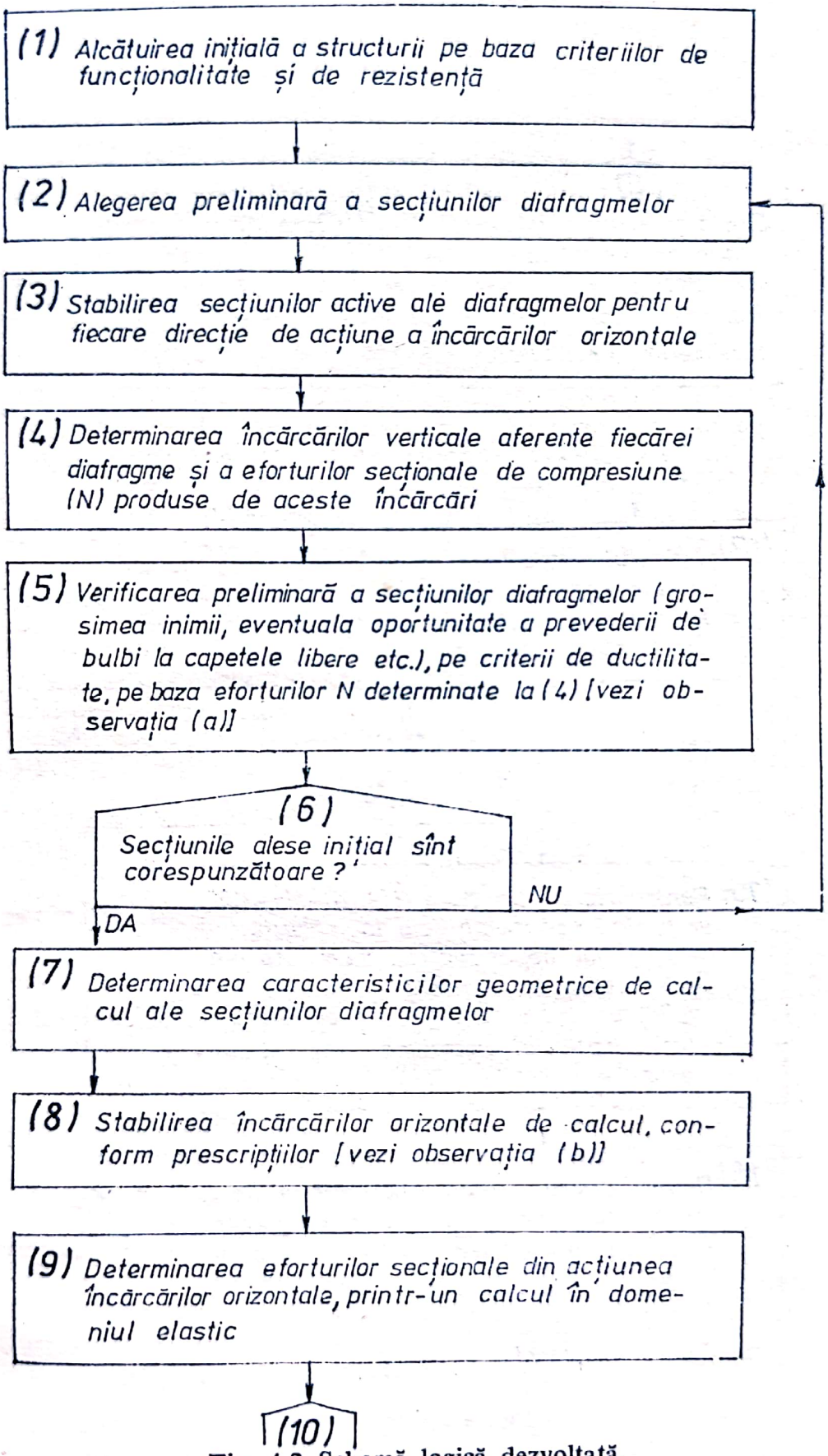


Fig. 4.2 Schemă logică dezvoltată.

Scanned with OKEN Scanner

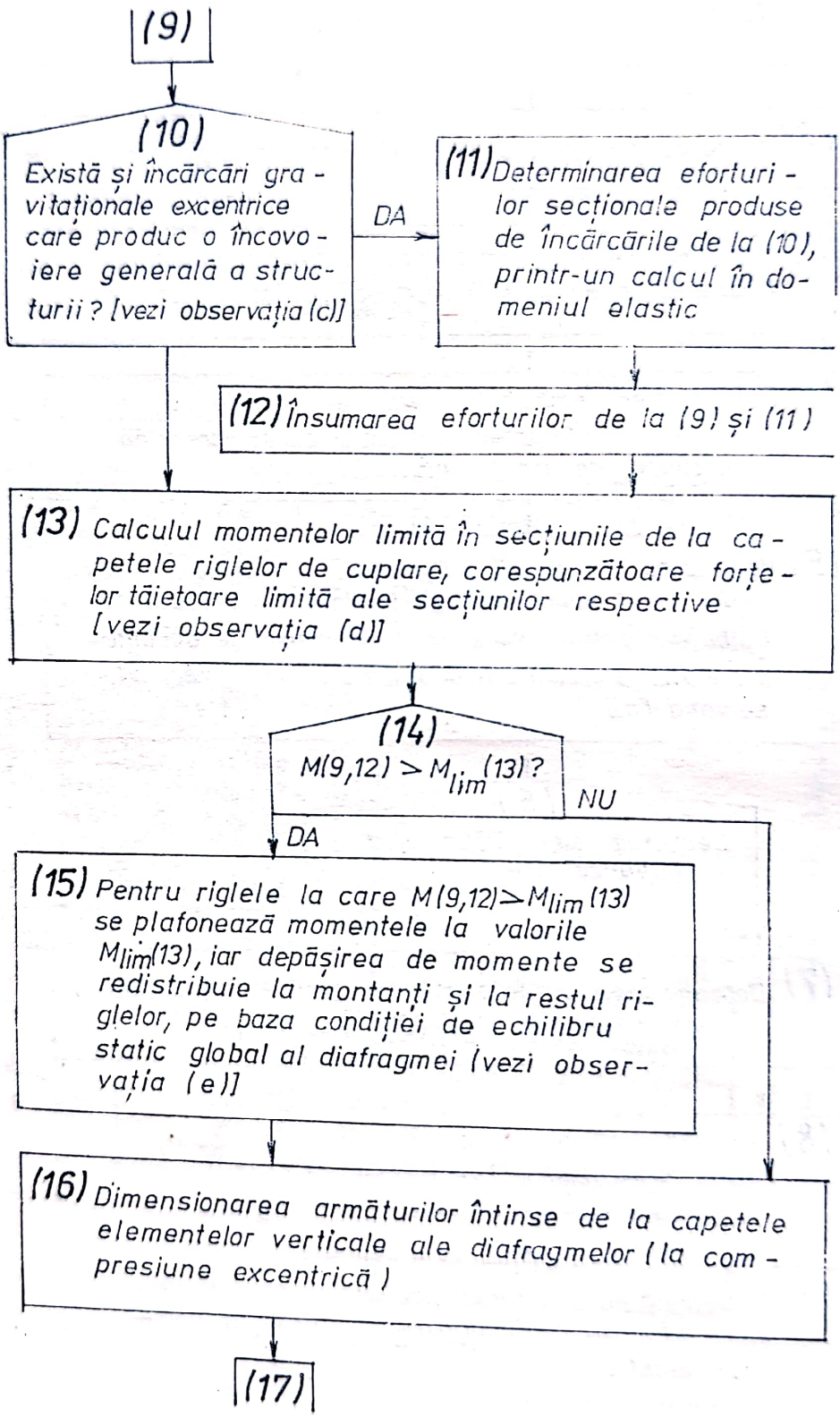


Fig. 4.2 (continuare)

Scanned with OKEN Scanner

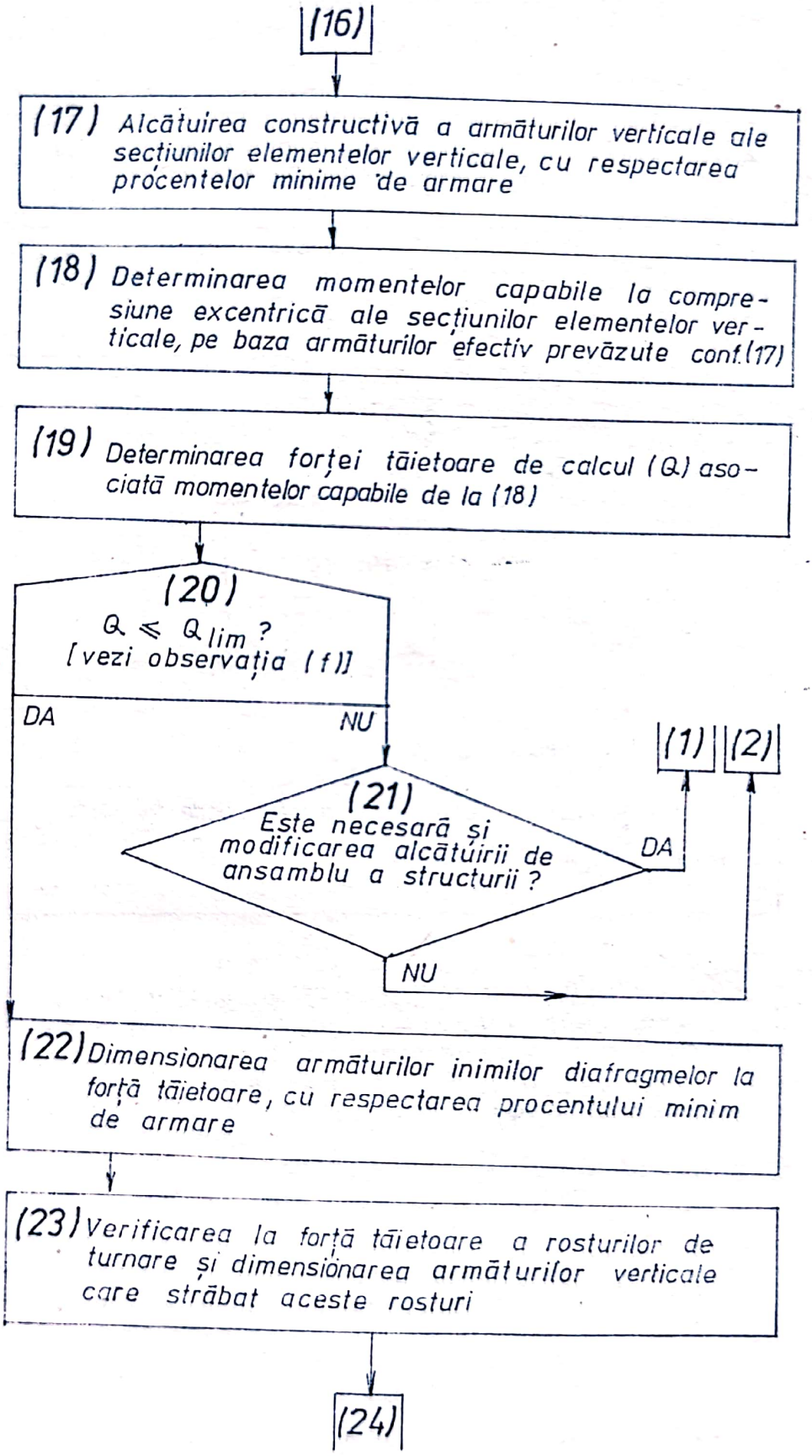


Fig. 4.2 (continuare)

Scanned with OKEN Scanner

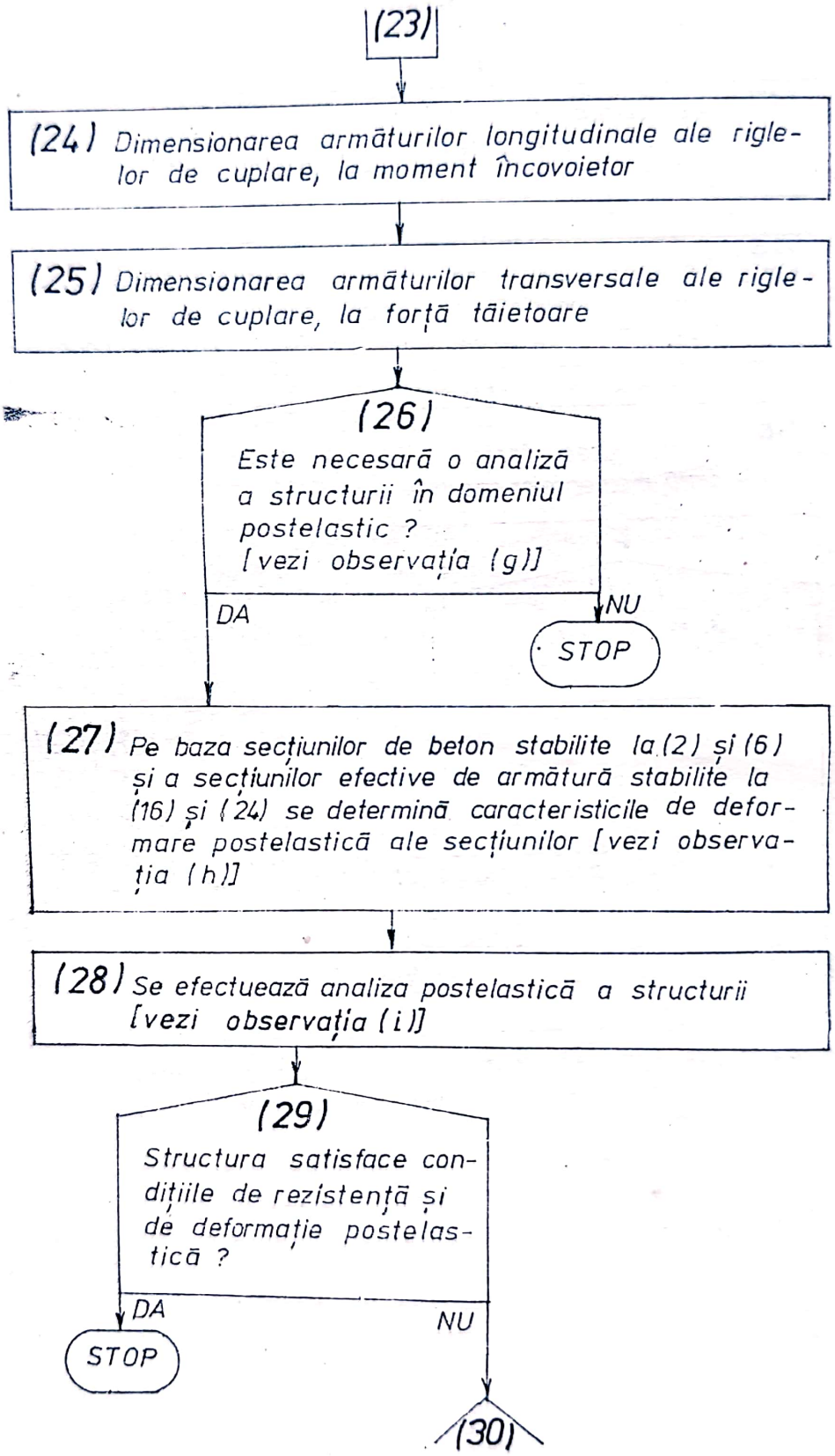


Fig. 4.2 (continuare)

Scanned with OKEN Scanner

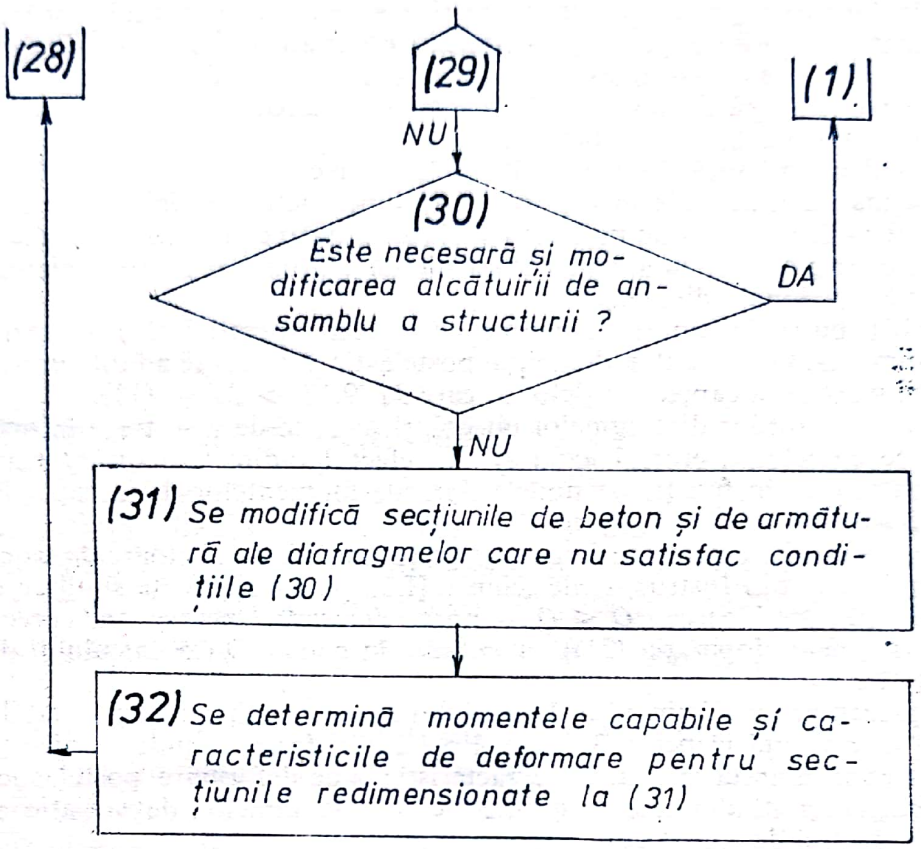


Fig. 4.2 (continuare)

Observații la fig. 4.2

(a) Verificarea prevăzută la (5), specifică construcțiilor situate în zone seismice, constituie un control preliminar al alcătuirii și dimensionării secțiunilor de beton sub aspectul capacității de deformare postelastică, printr-o limitare a eforturilor de compresiune conform prevederilor § 4.3.1 din Instrucțiunile tehnice [I.3].

În cazul montanților diafragmelor cu goluri, în efortul axial de compresiune la care se face verificarea se include și cel produs de încărcările orizontale (efectul indirect). Întrucît la faza respectivă a calculului nu se cunoaște încă acest surplus, el trebuie să fie deocamdată apreciat în mod aproximativ, de exemplu ca un procent din efortul axial produs de încărcările gravitaționale. Dacă la sfîrșitul calculului se constată depășiri însemnate față de mărimea astfel preliminată, verificarea secțiunilor trebuie repetată cu noile valori ale eforturilor.

Cînd nu se efectuează o analiză a structurii în domeniul postelastic, operația (5) rămîne de fapt singura verificare a zonelor comprimate ale diafragmelor sub aspectul cerințelor de ductilitate.

(b) Pentru acțiunea vîntului, încărcările orizontale sînt date. La clădirile etajate obișnuite, cu ≤ 15 niveluri și cu structură rigidă (diafragme), aceeași situație intervine și pentru încărcările seismice convenționale de calcul: perioada fundamentală a vibrațiilor proprii nu depășește 1,5 s, astfel încît în calculul după normativul P. 100—78 coeficientul dinamic β rezultă constant ($\beta = 2$) și deci mărimea forței seismice nu depinde de perioada vibrațiilor proprii, putînd fi dedusă direct în funcție de gradul de protecție antiseismică. În cazul special al construcțiilor foarte înalte, cu $T > 1{,}5$ s, determinarea forțelor seismice orizontale implică și o analiză dinamică a structurii, cu stabilirea caracteristicilor ei de vibrație, în modul fundamental și în primele moduri superioare.

Scanned with OKEN Scanner

(c) Prin încărcări gravitaţionale excentrice se înţeleg aici acele încărcări al căror efect, cumulat pe înălţimea construcţiei, produce structurii o încovoiere globală care nu poate fi neglijată în calcul — de exemplu, balcoane cu deschideri mari în consolă la toate nivelurile, pe o singură faţadă (neechilibrate de balcoane similare pe faţada opusă). Problema este tratată în cadrul pct. 6.2.

(d) În vederea micşorării sensibilităţii riglelor de cuplare la acţiunea forţei tăietoare, se limitează mărimea acesteia în raport cu secţiunea activă a riglei, prin condiţia (14.1) de la punctul 14.2. Pentru a nu permite riglei să se încarce cu o forţă tăietoare mai mare, se limitează corespunzător momentele încovoietoare capabile, printr-o plafonare a cantităţii de armătură longitudinală.

(e) Redistribuţia de momente permisă în cadrul operaţiei (15) reprezintă de fapt o formă rudimentară de calcul în domeniul postelastic, întrucît se admite implicit formarea de articulaţii plastice la capetele riglelor la care $M\,(9{,}12) > M_{lim}$ (13).

În cazul montanţilor diafragmelor cu goluri, înainte de a se trece la operaţia următoare (16), se corectează efortul axial N din efectul indirect al încărcărilor orizontale [vezi observaţia (a)], în funcţie de noile valori ale momentelor de la capetele riglelor de cuplare.

(f) Q_{lim} reprezintă valoarea la care se plafonează forţa tăietoare de calcul, conform prevederilor § 4.3.2 din Instrucţiunile tehnice [I.3], pe considerente similare celor expuse la observaţia (d). Verificarea $Q \leq Q_{lim}$ poate determina necesitatea corectării dimensiunilor diafragmelor [operaţia (21)], cu reluare în consecinţă a calculului de la (2) sau chiar de la (1).

(g) O prezentare preliminară a domeniului în care devine recomandabilă o analiză postelastică a fost dată la pct. 3.3 (v. şi § 3.1.2 din Instrucţiunile tehnice [I.3].

(h) Aşa cum se arată în cap. 16, caracteristicile de deformare postelastică ale secţiunilor diafragmelor se definesc prin intermediul diagramelor de variaţie a curburilor în funcţie de stadiul de solicitare.

(i) Prin analiza în domeniul postelastic, se urmăreşte să se verifice:

— dacă structura în ansamblu prezintă capacitatea de a absorbi energia indusă de un cutremur de intensitatea maximă prevăzută;

— dacă diafragmele au capacităţi de deformare plastică suficient de apropiate între ele;

— dacă nu se depăşesc deplasările laterale limită admise etc.

Scanned with OKEN Scanner

5. SCHEMATIZAREA DIAFRAGMELOR PENTRU CALCUL. CARACTERISTICI GEOMETRICE

5.1. Schematizări pentru calcul

La pct. 1.3 (v. fig. 1.9) s-a arătat că structurile cu diafragme pot fi alcătuite din diafragme izolate sau legate între ele formînd elemente spațiale, iar acestea din urmă, în funcție de gradul de complexitate admis pentru calcul, se consideră ca atare sau descompuse în diafragme individuale.

Întrucît obiectul lucrării de față este de a prezenta metode simplificate, utilizabile și într-un calcul manual, în cele ce urmează se dezvoltă numai varianta cu structura formată din *diafragme presupuse ca individuale și asimilate cu elemente liniare (bare)*. În consecință (fig. 5.1, *a*, *b*), în schema de calcul diafragmele pline apar ca niște console verticale, iar cele cu șiruri de goluri suprapuse se reduc la cadre etajate, la care deschiderile riglelor și montanților se iau din axă în axă, iar riglele se consideră ca bare cu secțiune variabilă ca în fig. 5.1, *b* (v. și fig. 3.1).

Notații:

H_e — înălțimea unui etaj, între axele riglelor;
n — numărul de niveluri;
$H = n\,H_e$ — înălțimea totală a diafragmei, pînă la axa ultimei rigle;
L — deschiderea unei rigle, între axele montanților;
l_0 — lumina liberă a golului;
$l_r = l_0 + 2\,a$ — lungimea teoretică a porțiunii pe care rigla se consideră deformabilă la încovoiere;
h_r — înălțimea secțiunii riglei.

Lungimea l_r a porțiunii deformabile a unei rigle depășește lumina liberă l_0, extinzîndu-se de o parte și de alta în interiorul montanților pe zonele de lungime a, care sînt antrenate în deformarea riglei. Pe baza studiilor pe modele fotoelastice [I.49] și prin calcul, considerînd rigla ca încastrată într-un semispațiu elastic ca în fig. 5.1, *c*, s-au propus pentru

Scanned with OKEN Scanner

a diferite valori sau expresii aproximative (v. și [I.8]). În Instrucțiunile tehnice [I.3] s-a adoptat expresia:

$$a = 0{,}35\, h_r \leqslant 40 \text{ cm}. \tag{5.1}$$

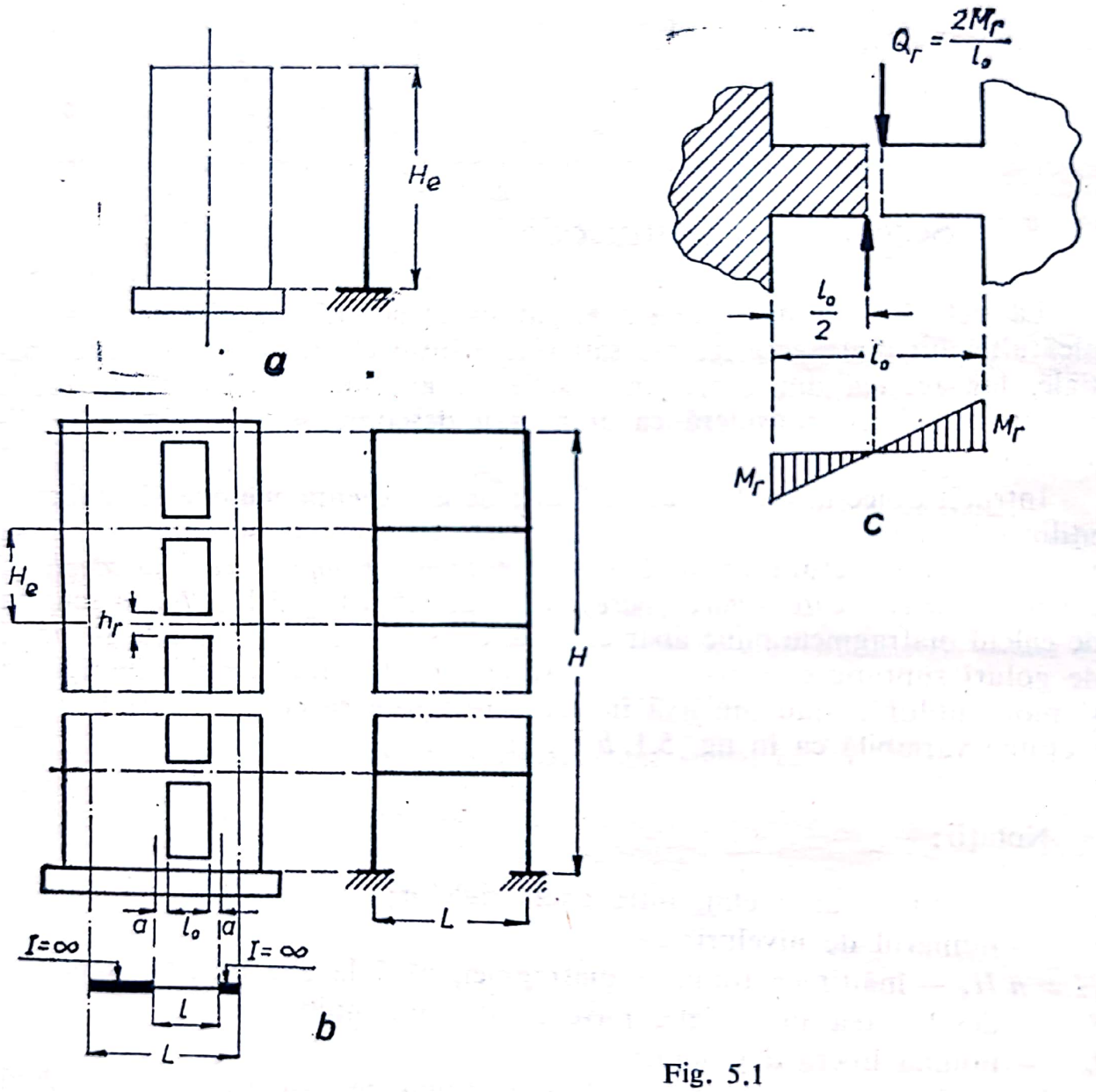


Fig. 5.1

5.2. Secțiunile active ale elementelor verticale

5.2.1. Secțiunile active la compresiune excentrică

Pentru stabilirea secțiunii active la diafragmele sau montanții cu secțiune în formă de T, I etc., cu tălpi evazate, rezultate din legătura cu diafragme perpendiculare, este necesară evaluarea lățimii b_p de conlucrare

Scanned with OKEN Scanner

a tălpilor. Este de subliniat că această problemă, care la grinzile obișnuite ale planșeelor monolite nu are implicații prea mari asupra capacităților lor portante, capătă în cazul diafragmelor o importanță primordială, sub mai multe aspecte. Astfel:

a) În calculul structurii în stadiul elastic, de secțiunile active ale diafragmelor depind rigiditățile lor și prin aceasta repartiția forțelor orizontale între diafragme.

b) Întrucît efortul axial N din încărcările gravitaționale se calculează luînd încărcările aferente secțiunii active a diafragmei, mărimea lui depinde direct de lățimea de conlucrare a tălpilor.

c) Momentul capabil, momentul de fisurare și ductilitatea sînt influențate atît în mod direct, prin forma secțiunii active, cît și prin intermediul valorii efortului axial N.

d) Prin momentul capabil, influența se resimte și asupra forței tăietoare de calcul asociate acestuia, astfel că o eventuală subevaluare a lățimii active a tălpilor este acoperitoare pentru momentul capabil, dar descoperitoare pentru asigurarea la forță tăietoare, expunînd diafragma la o rupere de tip casant sub acțiunea acesteia.

Din calculele bazate pe teoria elasticității [I.26, I.56, I. 66, I.78], rezultă în general lățimi de conlucrare mari, ajungînd în multe cazuri să arate o antrenare a întregii lățimi reale a tălpii. În continuare, se prezintă întabulate rezultatele studiului efectuat în cadrul lucrării [I.66], pentru o consolă verticală cu secțiune T încărcată cu forțe orizontale distribuite triunghiular pe înălțime (fig. 5.2). Notațiile sînt explicate în figură.

$\frac{h}{H}$	$\frac{h}{h_p}$	Lățimea activă b_p a tălpii, exprimată în funcție de:		
		h_p	h	H
0,05	10	70 h_p	7,0 h	0,35 H
	30	250 h_p	8,3 h	0,41 H
0,10	10	38 h_p	3,8 h	0,38 H
	30	118 h_p	4,0 h	0,40 H
0,20	10	20 h_p	2,00 h	0,40 H
	30	64 h_p	2,15 h	0,42 H

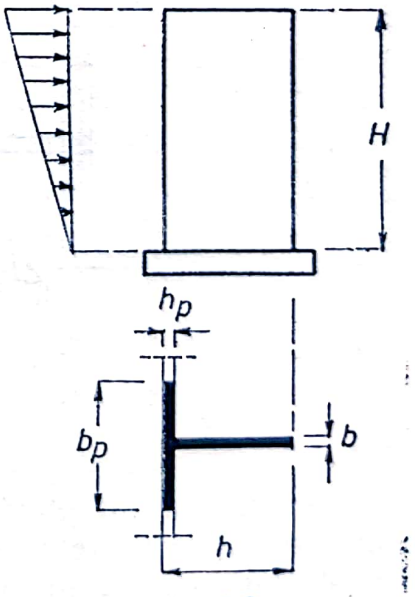


Fig. 5.2

Scanned with OKEN Scanner

Din tabel se observă că modul cel mai semnificativ de exprimare a lățimii active b_p este cel în funcție de înălțimea totală H, față de care se află într-un raport aproape constant: $b_p = (0{,}35 \ldots 0{,}42)\ H$. În aceste condiții, de exemplu în cazul unei clădiri cu diafragme transversale dese, cu travee obișnuită (3,50—4 m), chiar la un număr redus de niveluri ($H = 12 \ldots 14$ m), se obține $b \approx 5$ m, deci rezultă că toată lățimea reală a tălpii este activă.

La concluzii similare se ajunge și pe baza datelor din studiul [I.26], precum și a celor din literatura străină mai recentă:

— Primele prescripții oficiale străine care cuprind prevederi referitoare la determinarea secțiunilor active ale diafragmelor sînt cele olandeze din anul 1974, publicate și în Beton-Kalender 1978 [I.56]. Pentru diafragmele avînd tălpi legate la capetele opuse cu alte diafragme, ca în fig. 5.3, *b*, se admite să se considere ca activă întreaga lățime a tălpii, dar nu mai mult decît $b_p = b + 0{,}4\ H$ (b = grosimea inimii diafragmei).

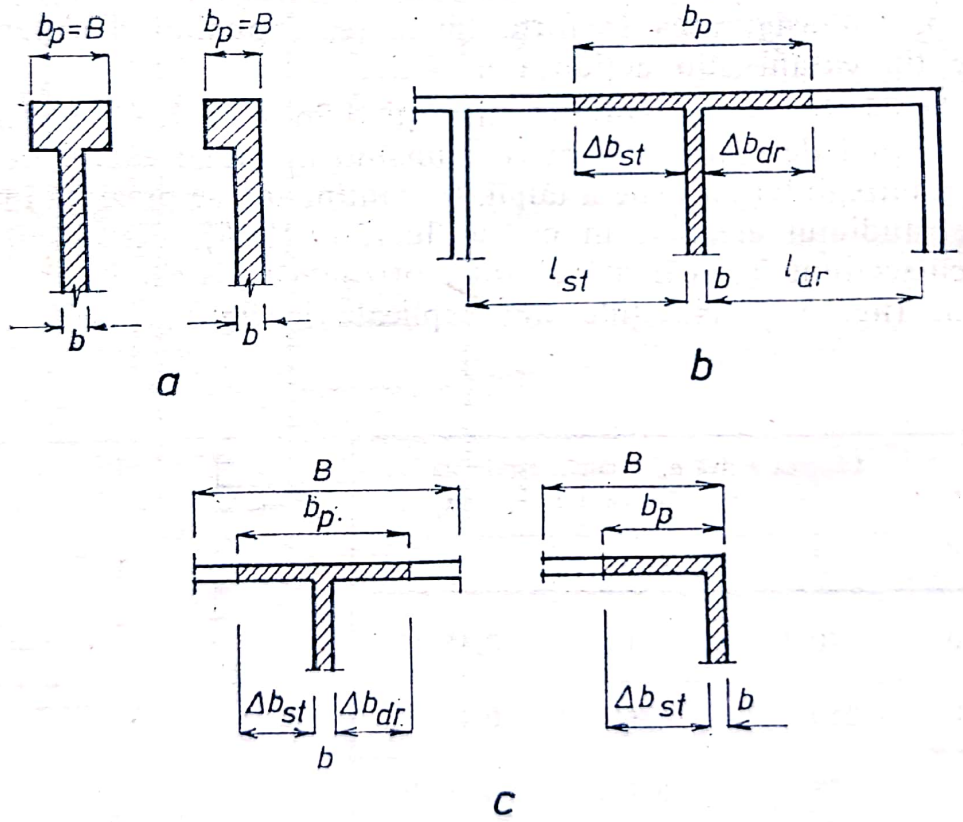


Fig. 5.3

— În materialul ajutător [I.78] pentru calculul după DIN 1045, în cadrul prevederilor referitoare la grinzi lucrînd la încovoiere, se iau pentru console lățimi de conlucrare mult mai mari decît pentru grinzile simplu rezemate sau continue, ajungîndu-se la $b_p \approx 0{,}4\ L$ (L = deschiderea con-

Scanned with OKEN Scanner

solei), deci la valori similare celor din ultima coloană a tabelului de mai înainte și celor din normele olandeze. În lucrarea [I. 53] se recomandă ca aceste valori să fie folosite prin asimilare și pentru diafragme, care lucrează tot ca niște console.

În Instrucțiunile tehnice [I.3] sînt date următoarele reguli cu privire la stabilirea secțiunii active la compresiune excentrică a elementelor verticale ale diafragmelor (fig. 5.3):

a) În cazul cînd talpa este formată dintr-un bulb (fig. 5.3, *a*), lățimea ei activă se ia egală cu lățimea reală a bulbului: $b_p = B$.

b) Cînd talpa este formată dintr-o diafragmă dispusă perpendicular și legată la capetele opuse cu alte diafragme paralele cu cea considerată (fig. 5.3, *b*), lățimea activă este:

$$b_p = b + \Delta b_{st} + \Delta b_{dr}$$

unde:

$$\Delta b_{st} \leqslant \frac{l_{st}}{2}; \qquad \Delta b_{dr} \leqslant \frac{l_{dr}}{2}$$

Δb_{st}, $\Delta b_{dr} \leqslant$ distanțele pînă la primul gol din talpă;

Δb_{st}, $\Delta b_{dr} \leqslant 0{,}1\ H$ (H — înălțimea totală a diafragmei);

$b_p \leqslant h$ (h — înălțimea secțiunii diafragmei pline sau a montantului).

c) Cînd talpa este formată dintr-o diafragmă liberă la capetele opuse (fig. 5.3, *c*), atunci se iau:

$$\Delta b_{st}, \Delta b_{dr} \quad \begin{cases} \leqslant 10\ h_p \\ \leqslant \text{distanțele pînă la primul gol din talpă} \end{cases}$$

și se menține condiția $b_p \leqslant h$.

Aceleași relații sînt valabile și pentru luarea în considerare a conlucrării diafragmelor perpendiculare cu care diafragma considerată se încrucișează în zona mijlocie a secțiunii sale (fig. 5.4). Aportul acestora este nesemnificativ pentru momentul de inerție, dar interesează pentru stabilirea ariei secțiunii active la efort axial, care servește la determinarea încărcării gravitaționale aferente diafragmei.

La structuri cu diafragme rare sau cu nuclee, se poate ține seama în calcul că prin rigiditatea riglelor de cuplare sînt antrenate în conlucrare și plinurile verticale învecinate golurilor respective. De exemplu, în cazul nucleului cu goluri

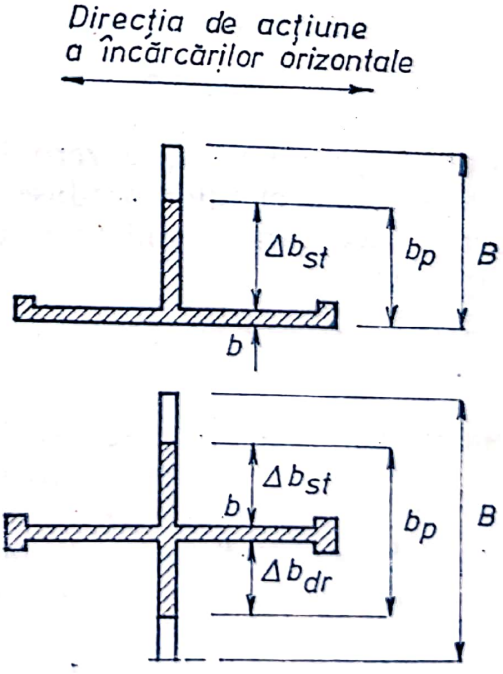


Fig. 5.4

din fig. 5.5, tălpile AC, $A'C'$ ale diafragmelor $EBAC$, $E'B'A'C'$ antrenează în conlucrare plinul DD', prin rigiditățile riglelor de cuplare CD, $C'D'$. Acestea sînt solicitate la încovoiere ca în figură, transmițînd efort axial de la AC, $A'C'$ la DD'. Procedee de calcul pentru a ține seama de acest efect sînt date în lucrările [I.43, I.47, I.73].

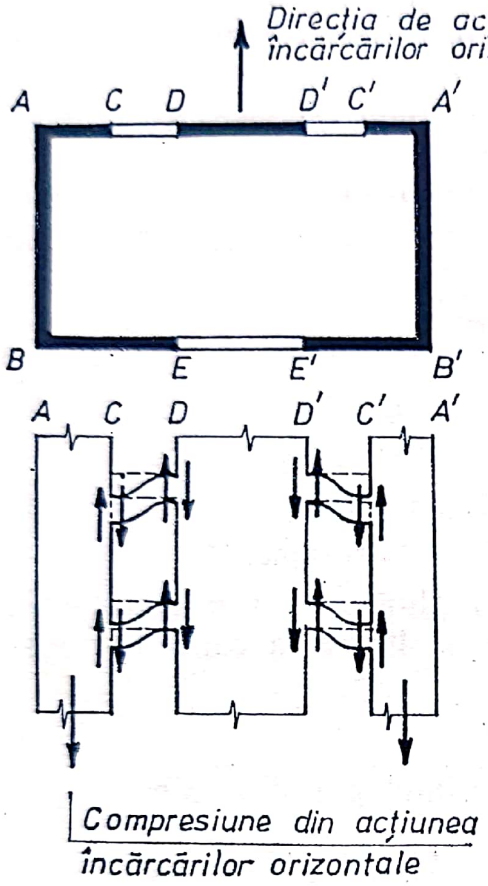


Fig. 5.5

În situațiile cînd formele secțiunilor diafragmelor diferă de cele uzuale sau nu se încadrează în mod cert în schematizările reglementate prin prevederile prescripțiilor, astfel că la stabilirea secțiunilor active intervine și un factor apreciativ, este recomandabil să se efectueze calculul în două variante extreme, cu lățimile de conlucrare estimate la limita maximă și la cea minimă. La dimensionarea diafragmelor respective, se ia atunci în considerare pentru fiecare tip de efort (compresiune excentrică, forță tăietoare), ipoteza cea mai defavorabilă.

5.2.2. Secțiunile active la forță tăietoare

Avînd în vedere distribuția neuniformă pe secțiune a eforturilor τ, care tind spre zero în dreptul tălpilor, secțiunea activă pentru calculul deformațiilor produse de forțele tăietoare se ia egală cu secțiunea inimii, deci fără considerarea conlucrării tălpilor și redusă cu un factor supraunitar k:

$$A_{mt} = \frac{bh}{k}$$

unde: A_{mt} este aria secțiunii active a montantului sau a diafragmei pline, pentru calculul deformațiilor produse de forța tăietoare;

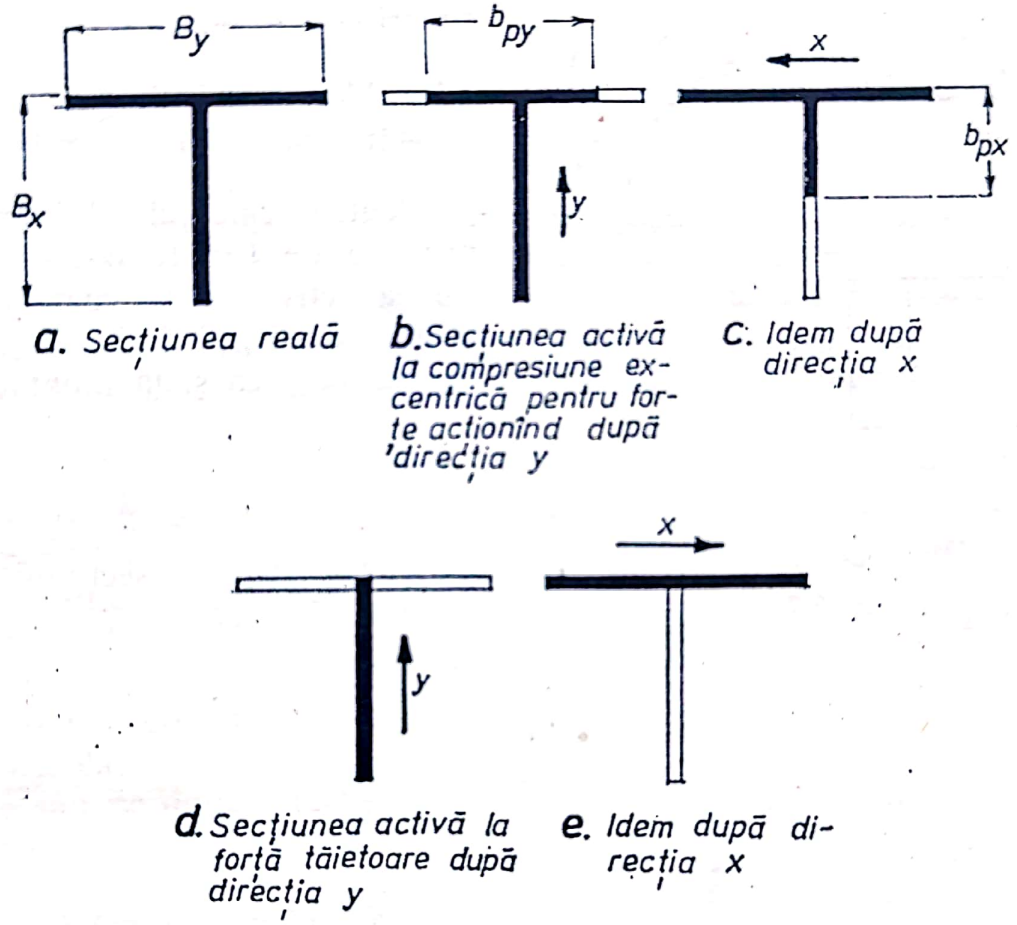
b, h = dimensiunile inimii;

k = 1,2 pentru secțiuni dreptunghiulare;
1,1 pentru secțiuni în formă de T sau L;
1,0 pentru secțiuni în formă de I sau C.

Scanned with OKEN Scanner

5.2.3. Dependența secțiunilor active de direcția de acțiune a forțelor orizontale

În cazurile cînd conform relațiilor date la pct. 5.2.1. lățimea de conlucrare a tălpii rezultă mai mică decît lățimea ei reală ($b_p < B$), secțiunea activă a diafragmei la compresiune excentrică diferă după direcția de acțiune



a. Secțiunea reală

b. Secțiunea activă la compresiune excentrică pentru forțe acționînd după direcția y

c. Idem după direcția x

d. Secțiunea activă la forță tăietoare după direcția y

e. Idem după direcția x

Fig. 5.6

a forțelor orizontale, așa cum se vede în exemplul din fig. 5.6, deci trebuie să fie determinată separat pentru fiecare direcție. De asemenea, secțiunea activă la forță tăietoare diferă totdeauna după cele două direcții perpendiculare (fig. 5.6, *d*, *e*).

5.3. Secțiunile active ale riglelor de cuplare

Pentru calculul deformațiilor produse de momentele încovoietoare, secțiunea activă a riglei se ia [I.3] conform fig. 5.7:

— dacă planșeele sînt prefabricate sau turnate ulterior diafragmelor și nu se realizează conlucrarea plăcii cu rigla, secțiunea se consideră

Scanned with OKEN Scanner

dreptunghiulară ca în fig. 5.7, *a*, cu înălțimea pînă sub placa planșeului;

— dacă planșeele se toarnă odată cu diafragmele sau se prevăd măsuri de realizare a conlucrării plăcii cu rigla, se ține seama de conlucrarea plăcii ca în fig. 5.7, *b*, luîndu-se h_r egal cu înălțimea totală pînă la fața superioară a plăcii și:

$$\Delta b_{st},\ \Delta b_{dr} = 0{,}15\, l_0 \leqslant h_r$$

(l_0 — lumina liberă a golului).

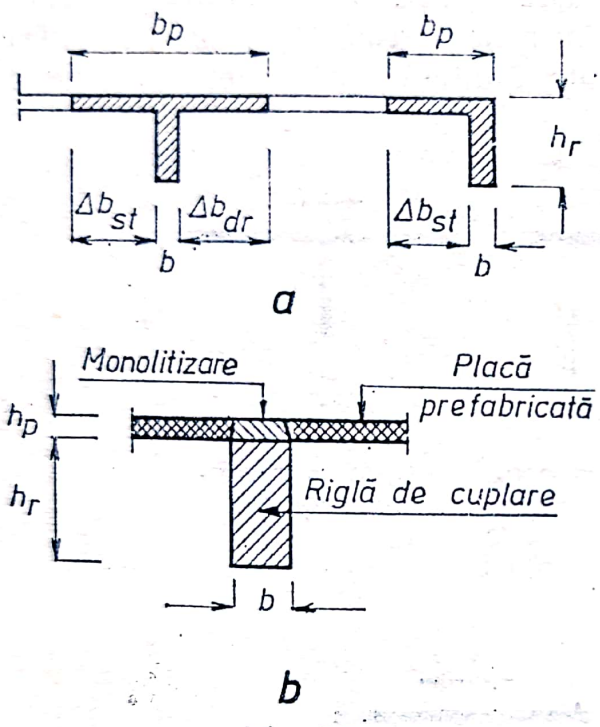


Fig. 5.7

Pentru calculul deformațiilor produse de forțele tăietoare, secțiunea activă se ia egală cu secțiunea inimii, aplicînd același factor de reducere ca și la montanți:

$$A_{rt} = \frac{bh_r}{k} \qquad (5.3)$$

unde A_{rt} este aria secțiunii active la forță tăietoare.

Scanned with OKEN Scanner

6. DETERMINAREA EFORTURILOR DIN ÎNCĂRCĂRILE GRAVITAȚIONALE

6.1. Încărcări distribuite

În mod convențional, încărcarea gravitațională transmisă de planșee unei diafragme se ia egală cu încărcarea aferentă secțiunii active a diafragmei, stabilită conform indicațiilor de la pct. 5.2.1. Cînd secțiunea activă diferă după direcția de acțiune a forțelor orizontale, va diferi în consecință și încărcarea gravitațională care se ia în considerare în ipotezele de încărcare respective.

La aceasta se adaugă greutatea proprie a diafragmei și încărcările concentrate din greutățile pereților exteriori neportanți, transmise direct (în cazul pereților din panouri mari prefabricate) sau prin grinzi.

Repartiția încărcărilor verticale uniform distribuite transmise de planșee depinde de alcătuirea constructivă a acestora: plăci armate pe o direcție sau pe două direcții, dale groase, plăci cu grinzi). În fig. 6.1 este dat un exemplu de stabilire a suprafețelor aferente de planșeu pentru diafragmele transversale ale unei construcții cu structură de tip fagure, cu coridor central și planșee monolite sau din panouri de dimensiunea unei camere.

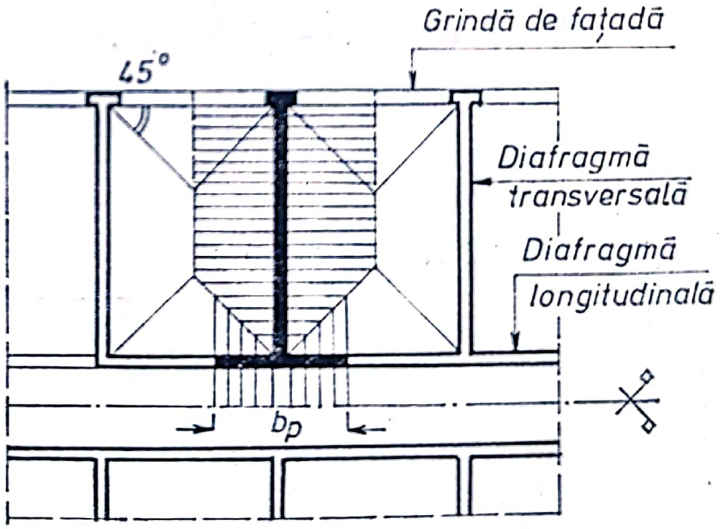


Fig. 6.1

În fig. 6.2 se prezintă nivelul curent al secțiunii tip de bloc de locuințe descrise în lucrarea (I.14], cu diafragme rare, stîlpi intermediari și planșee-dală rezemate direct pe diafragme și pe stîlpi și realizate din predale suprabetonate. În jumătatea superioară a figurii sînt arătate încărcările totale aferente diafragmelor, iar în jumătatea inferioară încărcările aferente secțiunilor active ale diafragmelor, pentru forțe orizontale acționînd *longi-*

Scanned with OKEN Scanner

tudinal clădirii (lățimea activă de conlucrare a diafragmelor perpendiculare s-a notat cu b_{px}).

Se observă din figură că pentru forțe orizontale acționînd *transversal* clădirii diafragmele interioare transversale, cu secțiune în formă de T, au talpa cu unul din capete liber, deci conform prevederilor prescripțiilor (v. și pct. 5.2.1.), ar trebui să se ia $\Delta b_{st} = 10\ h_p \leqslant t$. Totuși, în cazul considerat, avînd în vedere că la capătul liber talpa are un bulb de dimensiunea unui stîlp, unde primește o încărcare verticală concentrată importantă de la planșee, este greu de presupus că zona respectivă ar rămîne în afara lățimii de conlucrare a tălpii. Acesta este un exemplu de caz din categoria citată la sfîrșitul pct. 5.2.1, în care, față de incertitudinea lățimii efective de conlucrare a tălpii, este de recomandat să se efectueze calculul în cele două variante extreme, cu $\Delta b_{st} = 10\ h_p$ și cu $\Delta b_{st} = t$.

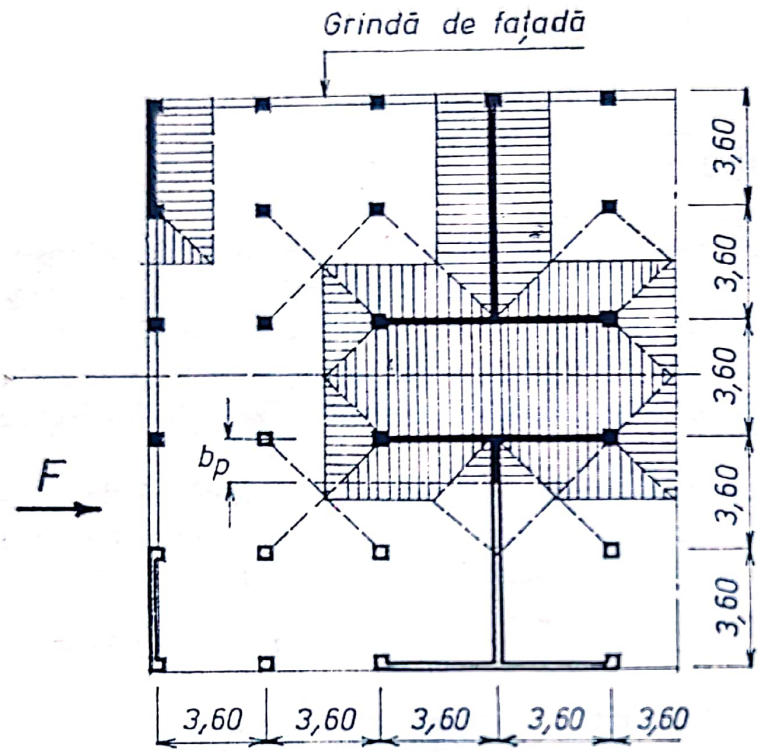


Fig. 6.2

6.2. Încărcări locale

Pentru încărcări locale, concentrate sau distribuite, cum ar fi cele transmise de grinzi, de panourile de fațadă neportante etc., Instrucțiunile [I.3] admit repartizarea în corpul diafragmei cu o pantă de 2/3 ca în fig. 6.3.

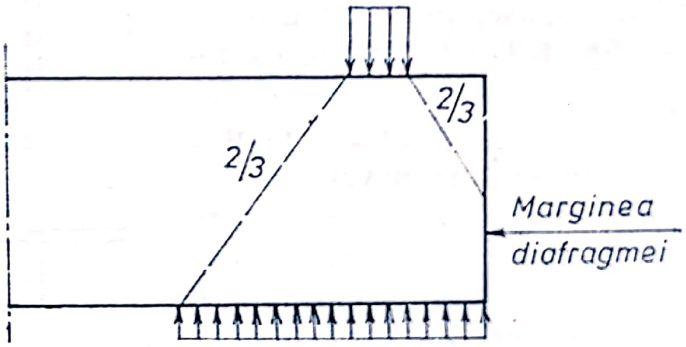


Fig. 6.3

6.3. Efectul excentricităților încărcărilor verticale

De multe ori, rezultanta încărcărilor verticale care acționează asupra unei diafragme se aplică excentric în raport cu centrul de greutate al secțiunii sale active. Exemple (fig. 6.4):

Scanned with OKEN Scanner

— diafragme sau montanți cu secțiuni pronunțat disimetrice (fig. 6.4, *a*), la care poziția centrului de greutate al secțiunii active ajunge să se îndepărteze mult de centrul de greutate al suprafeței aferente de planșeu;

— construcții cu balcoane (fig. 6.4, *b*), care aduc diafragmelor încărcări excentrice la toate nivelurile.

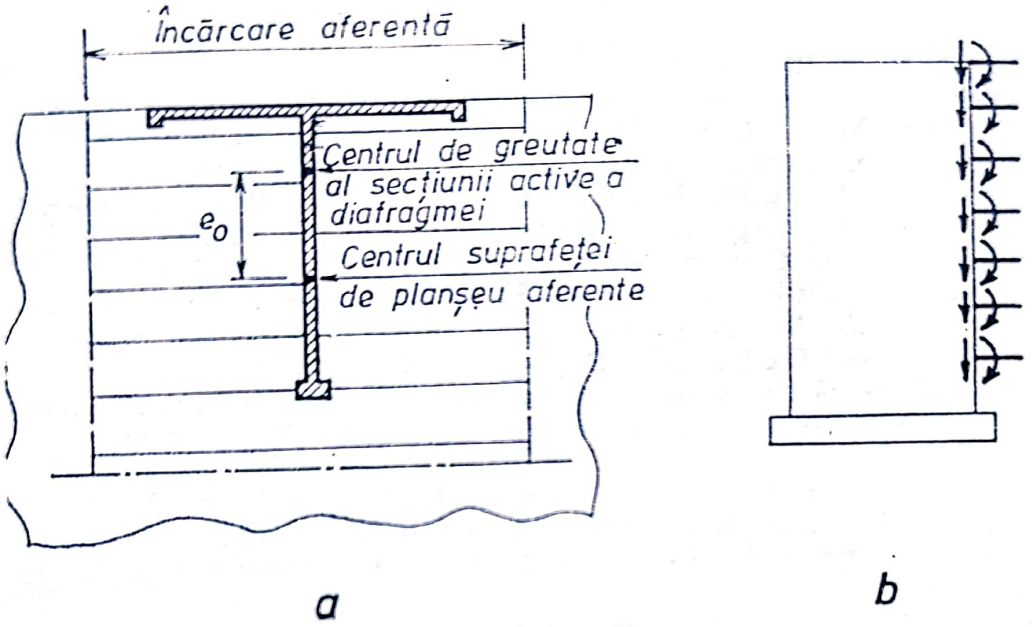


Fig. 6.4

Aceste încărcări produc în diafragme momente încovoietoare de care trebuie să se țină seama în calcul [I.33]. Dacă încărcările excentrice se echilibrează pe ansamblul structurii, ele nu produc și deplasări laterale, astfel încît eforturile corespunzătoare se determină ca pentru un sistem cu noduri nedeplasabile pe orizontală. Dacă însă sistemul nu este echilibrat, atunci încărcările verticale excentrice produc o încovoiere generală structurii, cu deplasări laterale de noduri, al cărei efect se cumulează cu cel al încărcărilor orizontale.

Bibliografie la partea I

1. A. C. I. Committee 207. *Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete.* În: Journal of the American Concrete Institute, nr. 7/1973.

I. 2. Agent, R. *Calculul diafragmelor cu goluri după metoda Albigès-Goulet este un calcul de diafragmă sau un calcul de cadru etajat?* În: Revista Construcțiilor și a Materialelor de construcții, nr. 6/1965.

I. 3. Agent, R., Barbaiani, M., Postelnicu, T. și Constantinescu, D. *Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea construcțiilor cu structura din diafragme de beton (P. 85—78).* În: Colecția de normative și instrucțiuni, nr. 201, I. C. C. P. D. C. București, 1980.

Scanned with OKEN Scanner

I. 4. Agent, R., Postelnicu, T. și alții. *Indicații provizorii pentru proiectarea structurilor cu diafragme din beton armat la clădiri etajate* (litografiat). ISART—ICB (PT 916—91), București, 1971.
I. 5. Agent, R., Postelnicu, T., Mager, V. și Lerner, E. *Calculul rigidităților diafragmelor pline și cu goluri la clădiri etajate*. În: Studii și cercetări de mecanică aplicată, nr. 4/1975 și nr. 1/1976.
I. 6. Agent, R. și Postelnicu, T. *Metode simplificate pentru calculul structurilor cu diafragme la clădiri etajate* (litografiat). Institutul de Construcții București, 1976.
I. 7. Agent, R. și Radu, N. *Două exemple de utilizare a structurilor cu diafragme la clădiri etajate de tipuri neconvenționale*. În: Construcții, nr. 3/1981.
I. 8. Albigès, M. și Goulet, J. *Contreventement des bâtiments*. În: Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, nr. 5/1960.
I. 9. Allen, C., Jaeger, L. și Fenton, V. *Ductility of Reinforced Concrete Shear Walls*. În: Response of Multistory Concrete Structures to Lateral Forces (SP-36). American Concrete Institute, Detroit, 1973, pag. 97—118.
I.10. Antebi, J., Utku, S. și Hansen, R. J. *The Response of Shear Walls to Dynamic Loads*. Massachussets Institute of Technology, Cambridge, aug. 1960.
I.11. Aristizabal-Ochoa, J. D., Skin, K. N. și Corley, W. G. *Effects of Beam Strength and Stiffness on Coupled Wall Behavior*. În: Proceedings of the Second U.S.A. National Conference on Earthquake Engineering, Stanford, 1979, pag. 323—332.
I.12. Avram, C., Mîrșu, O., Grüner, I., Mihăescu, A. și alții. *Efectul contracției împiedicate la clădiri etajate cu diafragme din beton armat*. În: A VII-a Conferință de betoane — Construcții înalte din beton armat, Iași, oct. 1975, vol. I, pag. 41—54.
I.13. Badea, D. și alții. *Tendințe în construcții înalte realizate în București*. În: Sesiunea științifică „Probleme actuale și de perspectivă în proiectarea și realizarea structurilor de rezistență la clădirile de locuit", Institutul Proiect-București, 1978, pag. 155—186.
I.14. Barbaiani, M. *O structură industrializată pentru construcțiile de locuințe, alcătuită din planșee-dală, stîlpi și diafragme rare*. În: Construcții, nr. 5/1978.
I.15. Barda, F. și Corley, W. G. *An Investigation of the Design and Repair of Low-Rise Shear Walls*. În: Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Roma, 1973.
I.16. Barda, F., Hanson, J. M. și Corley, W. G. *Shear Strength of Low-Rise Walls with Boundary Elements*. În: SP-53, American Concrete Institute, Detroit, 1977.
I.17. Barney, G. B. și alții. *Earthquake-Resistant Structural Walls — Tests of Coupling Beams*. Report PCA R/D-1583, Portland Cement Association, Skokie (Illinois), 1978.
I.18. Beck, H. *Ein neues Berechnungsverfahren für gegliederte Scheiben, dargestellt am Beispiel des Vierendeelträgers*. În: Der Bauingenieur, nr. 12/1956.
I.19. Beekhuis, W. J. *An Experimental Study of Squat Shear Waalls*. Master of Engineering Report, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchuch (New Zealand), 1971.
I.20. Benjamin, J. R. și Williams, H. A. *Behaviour of One-Story Reinforced Concrete Shear Walls Containing Openings*. În: Journal of the American Concrete Institute, nr. 11/1958.
I.21. Bertero, V. V., Mahin, St. A. și Axley, J. A. *Lessons from Structural Damages Observed in Recent Earthquakes*. În: Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, 1980, vol. 4, pag. 257—264.

Scanned with OKEN Scanner

I.22. Bertero, V. V. *Seismic Behavior of Reinforced Concrete Wall Structural Systems.* În: Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, 1980, vol. 6, pag. 323—330.
I.23. Brînzan, I. şi Barbaiani, M. *Calculul şi alcătuirea structurilor etajate cu diafragme.* Bucureşti, Editura tehnică, 1976, cap. 2, pag. 14—28 şi § 4.4, pag. 129—137.
I.24. Bruckner, H. şi Popp, C. *Holiday-Inn-Turmhotel in Augsburg.* În: Beton- und Stahlbetonbau, nr. 6/1973.
I.25. Buch, G. şi Paul, H. *Zum Bau des Verwaltungshochhauses der Dresdner Bank A. G. in Frankfurt.* În: Beton- und Stahlbetonbau, nr. 6/1979.
I.26. Căpăţînă, D. *Aspecte ale răspunsului seismic la structuri din beton armat.* Teză de doctorat. Institutul de construcţii Bucureşti, 1981.
I.27. Cardenas, A. E., Hanson, J. M., Corley, W. G. şi Hognestad, E. *Design Provisions for Shear Walls.* În: Journal of the American Concrete Institute, nr. 3/1973.
I.28. Cardenas, A. E. şi Magura, D. D. *Strength of High-Rise Walls — Rectangular Cross Section.* În: SP-36, American Concrete Institute, Detroit, 1973, pag. 119—150.
I.29. Cişmigiu, Al. *După 4 martie* 1977. În: Arhitectura, nr. 4/1977.
I.30. Cişmigiu, Al., Badea, D. şi Popp, T. *Structură antiseismică „celulară" pentru blocurile de locuinţe multietajate.* În: Revista Construcţiilor şi a materialelor de construcţii, nr. 2/1961.
I.31. Corley, W. G., Fintel, M., Fiorato, A. E. şi Derecho, A. T. *Earthquake Engineering Research at the Portland Cement Association — A Progress Report.* În: Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, 1980, vol. 9, pag. 17—32.
I.32. Cristescu, V., Ionescu, I., Moldovan, I., Anastasescu, D., Ciulea, Gh. şi Koreck, I. *Clădiri de locuit şi social-culturale din beton uşor de granulit realizate în jud. Timiş.* În: Construcţii, nr. 8/1978 (v. şi în: A VII-a Conferinţă de betoane — Construcţii înalte de beton armat, Iaşi, 1975, vol. II, pag. 13—28).
I.33. Davidovici, V. E. *Effets des variations linéaires dans les bâtiments de grande hauteur.* În: Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, nr. 9/1967.
I.34. Diver, M. *Calcul pratique des tours en béton armé.* Dunod, Paris, 1972.
I.35. Fierlinger, A. *Consideraţii cu privire la fisurarea construcţiilor multietajate cu diafragme din beton armat executate cu tehnologii noi.* În: Revista Construcţiilor şi a materialelor de construcţii, nr. 10—11/1967.
I.36. Fintel, M. *Ductile Shear Walls in Earthquake Resistant Multistory Buildings.* În: Journal of the American Concrete Institute, nr. 6/1974.
I.37. Fintel, M. *Multistory Structures.* În: Handbook of Concrete Engineering (edited by M. Fintel). New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1974, pag. 287—344.
I.38. Fintel, M. şi Derecho, A. T. *Earthquake-Resistant Structures.* În: Handbook of Concrete Engineering (edited by M. Fintel). New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1974, pag. 356—432.
I.39. Goschy, B. *Torsional Stiffness of Pierced Tubular Systems.* În: A VII-a Conferinţă de betoane — Construcţii înalte de beton armat, Iaşi, 1975, vol. III, pag. 341—369.
I.40. Grüner, I., Mîrşu, O., Mihăescu, A. şi alţii. *Efectul contracţiei asupra structurilor cu diafragme de beton armat.* În: Construcţii, nr. 12/1978.
I.41. Grüner, I., Rotaru, Gr. şi Frunză, R. *Unele aspecte ale comportării diafragmelor de beton la clădiri de locuit multietajate.* În: A III-a Conferinţă de betoane — Structuri de beton armat, Cluj-Napoca, oct. 1970, vol. I, pag. 169—182.

Scanned with OKEN Scanner

I.42. Iordăchescu, E., Zorapapel, T., Marcovici, D. și Danci, G. *Comportarea unor clădiri de locuit tip, la București, în timpul cutremurului vrîncean din 4 martie* 1977. În: Sesiunea științifică „Probleme actuale și de perspectivă în proiectarea și realizarea structurilor de rezistență la clădirile de locuit", Institutul Proiect-București, 1978, pag. 39—68.
I.43. Keintzel, E. *Despre conlucrarea spațială a diafragmelor ortogonale.* În: Construcții, nr. 11/1973.
I.44. König, G. *Hochhäuser aus Stahlbeton.* În: Beton-Kalender 1975, Band II, pag. 747—936. Berlin, W. Ernst & Sohn, 1975.
I.45. Laszlo, N. *Proiectarea construcțiilor de locuit și social-culturale executate cu ajutorul cofrajelor glisante.* În: Revista Construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 4/1964.
I.46. Lupan, M. și Arsene, Gr. *Clădiri înalte de beton armat pentru locuințe și alte destinații social-culturale. Sisteme constructive și tehnologii industrializate.* În: Construcții, nr. 3/1976.
I.47. Marinov, R. *Considerații privind rigiditatea la încovoiere a nucleelor din beton armat pentru clădiri înalte.* În: Construcții, nr. 11/1973.
I.48. Marinov, R. *Studiu privind comportarea la torsiune a nucleilor din beton armat la clădiri înalte.* În: A VII-a Conferință de betoane — Construcții înalte de beton armat, Iași, 1975, vol. I, pag. 245—263.
I.49. Mateescu, D., Anastasescu, D. și Gădeanu, L. *Calculul timpanelor rigide cu un șir de goluri.* În: Revista Construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 2/1962.
I.50. Mazilu, P., Baubec, S. și Săftoiu, E. *L'utilisation des essais optiques en vue du dimensionnement de la structure d'un grand bâtiment de Bucarest.* În: Association Internationale des Ponts et Charpentes, Neuvième Congrès, Amsterdam, 1972, Rapport final. A.I.P.C., Zürich, 1972, pag. 315—320.
I.51. Michael, D. *Torsion Coupling of Core Walls in Tall Buildings.* În: The Structural Engineer, nr. 2/1969.
I.52. Mihăescu, A., Grüner, I., Bob, C. și Furdui, C. *Urmărirea comportării betoanelor ușoare de granulit în clădirile P + 10 E.* În: Comportarea in situ a construcțiilor — materialele schimbului de experiență (2) de la Călimănești, 1978. INCERC, București, 1978, pag. 41—50.
I.53. Müller, F. P. și Keintzel, E. *Erdbebensicherung von Hochbauten.* Berlin, W. Ernst & Sohn, 1978, § 9.3.2, pag. 123—126.
I.54. Natschka, A. și Werner, H. *Hotelbau als Vollgleitbau.* În: Bauplanung und Bautechnik, nr. 8/1970.
I.55. Neicu, M. și Florian, V. *Hotelul „Intercontinental" București. Probleme privind proiectarea structurii de rezistență.* În: Revista Construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 8/1970.
I.56. N. E. N. 3861. *Niederländische Stahlbetonbestimungen.* În: Beton-Kalender 1978, Band I. Berlin, W. Ernst & Sohn, 1978, § 206.4. Mitwirkende Plattenbreite bei auf Biegung und Druck belasteten steifen Kernen, pag. 1048—1050.
I.57. Nestor, A., Pitiș, Gh., Utză Băicoianu, S. și Nagacevschi, I. *Unele concluzii asupra comportării construcțiilor cu diafragme din beton armat, executate în municipiul Ploiești.* În: Comportarea în situ a construcțiilor — materialele schimbului de experiență de la Oradea, 1967. INCERC, București, 1976, vol. 1, pag. 31—41.
I.58. Oesterle, R. G., Aristizabal-Ochoa, J. D., Fiorato, A. E., Russell, H. G. și Corley, W. G. *Earthquake-Resistant Structural Walls — Tests of Isolated Walls (II).* Report PCA R/D-1629, Portland Cement Association, Skokie (Illinois), 1979.
I.59. Park, R. și Paulay, T. *Reinforced Concrete Structures.* New York, J. Wiley & Sons, 1975. Chapter 12. Shear Walls of Multistory Buildings, pag. 610—662.

Scanned with OKEN Scanner

I.60. Park, R., Paulay, T. și alții. *Progress Report of Earthquake Engineering Research at the University of Canterbury.* În: Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, 1980, vol. 9, pag. 33—48.
I.61. Paulay, T. *Coupling Beams of Reinforced Concrete Shear Walls.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the A.S.C.E., nr. 3/1971.
I.62. Paulay, R. *Simulated Seismic Loading of Spandrel Beams.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the A.S.C.E., nr. 9/1971.
I.63. Paulay, T. și Santhakumar, A. R. *Ductile Behaviour of Coupled Shear Walls.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the A.S.C.E., nr. 1/1976.
I.64. Penzien, J. *Report on the Activities of Earthquake Engineering Research Center University of California, Berkeley.* În: Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, 1980, vol. 9, pag. 1—16.
I.65. Pîslăraşu, C. *Constatări şi analize privind comportarea la cutremurul din 4. III. 1977 a clădirilor din Bucureşti.* În: Sesiunea ştiinţifică „Probleme actuale şi de perspectivă în proiectarea şi realizarea structurilor de rezistenţă la clădirile de locuit", Institutul Proiect-Bucureşti, 1978, pag. 28—38.
I.66. Postelnicu, T. *Contribuţii la proiectarea antiseismică a structurilor cu diafragme de beton armat.* Teză de doctorat, Institutul de Construcţii Bucureşti, 1980. § 1.3—1.4, § 2.4 şi § 4.
I.67. Rosman, R. *Die Statische Berechnung von Hochhauswänden mit Öffnungsreihen.* Berlin, W. Ernst & Sohn, 1965.
I.68. Rosman, R. *Torsion of Perforated Concrete Shafts.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the A.S.C.E., nr. 5/1969.
I.69. Salse, E.A.B. şi Fintel, M. *Strength, Stiffness and Ductility Properties of Slender Shear Walls.* În: Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Roma, 1973.
I.70. Schleeh, W. *Die Zwängspannungen in einseitig festgehaltenen Wandscheiben.* În: Beton- und Stahlbetonbau, nr. 3/1962.
I.71. Schneider, K. H. şi Reeh, H. *Tragwerk des Bürohauses Mainzer Landstrasse in Frankfurt am Main.* În: Beton- und Stahlbetonbau, nr. 12/1978.
I.72. Stander, W. *Ein Beitrag zur Untersuchung von Stahlbetonscheiben mit Hilfe finiter Elemente, unter Berücksichtigung eines wirklichkeitsnahen Werkstoffverhaltens.* Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1973.
I.73. Tso, W. K. *General Analysis of Nonplanar Coupled Shear Walls.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the A.S.C.E., nr. 3/1973.
I.74. Vallenas, J. M., Bertero, V. V. şi Popov, E. P. *Hysteretic Behavior of Reinforced Concrete Structural Walls.* Report EERC 79—20, University of California, Berkeley, 1979.
I.75. Wachter, K. D. von. *Zur Berechnung regelmässig gegliederter Scheiben aus Stahlbeton unter Berücksichtigung eines wirklichkeitsnahen Werkstoffgesetzes.* Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1979.
I.76. Wang, T. Y., Bertero, V. V. şi Popov, E. P. *Hysteretic Behaviour of Reinforced Concrete Framed Walls.* Report EERC 75—23, University of California, Berkeley, 1975.
I.77. Winokur, A. şi Gluck, J. *Ultimate Strength Analysis of Coupled Shear Walls.* În: Journal of the American Concrete Institute, nr. 12/1968.
I.78. x x x *Bemessung von Beton- und Stahlbetonteilen nach DIN 1045. Ausgabe Dezember 1978 — Biegung mit Längskraft, Schub, Torsion, Nachweis der Knicksicherheit.* În: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 220. Berlin, W. Ernst & Sohn, 1979, § 1.3.1, pag. 59—62.
I.79. x x x *Cutremurul din România din 4 martie 1977 şi efectele sale asupra construcţiilor.* Vol. III—IV. Comportarea la cutremur a clădirilor de locuinţe şi social-culturale. I.C.C.P.D.C., Bucureşti, 1978.

Scanned with OKEN Scanner

METODE SIMPLIFICATE PENTRU CALCULUL EFORTURILOR DIN ÎNCĂRCĂRI ORIZONTALE, ÎN DOMENIUL ELASTIC

7. CLASIFICAREA METODELOR DE CALCUL. DEFINIREA ȘI DOMENIUL DE UTILIZARE A METODELOR SIMPLIFICATE

7.1. Clasificarea metodelor de calcul

Metodele utilizate în calculul structurilor cu diafragme la încărcări orizontale, în domeniul elastic, pot fi clasificate după nivelul aproximațiilor admise și gradul de complexitate al calculului, în următoarele categorii [II.5].

7.1.1. Metode simplificate

Prin *metode simplificate* se înțeleg metodele bazate pe admiterea următoarelor aproximații, care permit aducerea calculului la o formă simplă, cu posibilitatea de a fi efectuat și manual fără dificultăți:

a) Structura se consideră ca un *sistem de bare:* diafragmele pline se schematizează prin console verticale, iar cele cu goluri suprapuse, prin cadre etajate. De caracterul real masiv al acestor elemente și de celelalte aspecte specifice betonului armat se ține seama prin introducerea unor corecții, care au mai fost amintite și la pct. 3.1, și anume :

— se adoptă pentru riglele de cuplare o schemă ca în fig. 5.1;

— față de structurile obișnuite formate din elemente liniare, la care se iau în considerare de regulă numai deformațiile produse de momentele încovoietoare, se ține seama în plus de deformațiile produse de forțele tăietoare (în elementele verticale și în riglele de cuplare), precum și de deformabilitatea axială a montanților diafragmelor cu goluri;

Scanned with OKEN Scanner

— se introduc pentru modulii de elasticitate convenționali valori diferențiate între elementele verticale și riglele de cuplare, pentru a ține seama de gradul lor diferit de fisurare în stadiul II de lucru.

b) Diafragmele pline sau cu goluri sînt considerate în calcul ca *structuri monotone pe înălțimea clădirii*, ceea ce presupune următoarele ipoteze:

— caracteristicile geometrice și de material ale diafragmelor sînt constante pe toată înălțimea clădirii (forma în plan și grosimea sînt constante, marca de beton este aceeași);

— înălțimile etajelor sînt egale;

— la diafragmele cu goluri, golurile sînt suprapuse și au aceleași dimensiuni la toate nivelurile;

— dimensiunile plinurilor orizontale dintre golurile suprapuse (riglelor de cuplare) sînt aceleași la toate nivelurile.

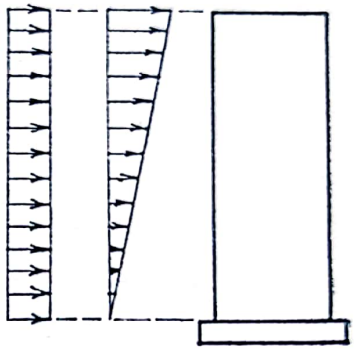


Fig. 7.1

Totodată, caracterul monoton pe verticală presupune și o ipoteză cu privire la legea de variație a încărcărilor orizontale pe înălțimea clădirii, care trebuie să se ia aceeași pentru toate diafragmele componente ale structurii. De regulă se ia pentru încărcările din acțiunea vîntului o distribuție uniformă, iar pentru cele seismice o distribuție triunghiulară cu baza la extremitatea superioară (fig. 7.1).

Prin aceasta rezultă implicit că în calculul la încărcări orizontale seismice se ține seama numai de modul fundamental de vibrație a structurii.

c) Se admite aproximația că *deformatele tuturor diafragmelor componente ale structurii sînt afine* și în consecință, pentru repartizarea încărcărilor orizontale între diafragme *este suficient să se pună condiția de egalitate a deplasărilor laterale la un singur nivel* ca să se realizeze egalitatea deplasărilor la toate nivelurile.

În realitate, alura deformatei diferă între diafragmele pline și cele cu goluri (fig. 7.2). La diafragmele pline are forma din fig. 7.2, *a*,caracteristică unei console verticale, în timp ce la cele cu goluri variază în funcție de raportul între rigiditățile riglelor de cuplare și ale montanților, putînd să se apropie de forma din fig. 7.2, *b*, cu punct de inflexiune, specifică cadrelor etajate.

Dacă nivelul la care se pune condiția de egalitate a deplasărilor laterale este cel de la extremitatea superioară, suprapunerea celor două tipuri de deformate se face ca în fig. 7.2, *c*. Zona haşurată din figură evidențiază ecarturile destul de mari și dirijate într-un singur sens, care rămîn în acest mod neglijate în calcul. O aproximație mai bună se obține scriind condiția de egalitate a deplasărilor la un nivel intermediar, numit *nivel caracteristic* (fig. 7.2, *d*), astfel ca ecarturile neglijate să se compenseze în cît mai mare măsură în cele două sensuri. Un studiu de optimizare pe baze pro-

Scanned with OKEN Scanner

babilistice efectuat în această problemă în Franța [II.32] ajunge la recomandarea ca nivelul caracteristic să se ia la 0,8 *H*. Recomandarea a fost preluată și în instrucțiunile tehnice [II.5], cu precizarea de a se considera nivelul planșeului celui mai apropiat de această cotă.

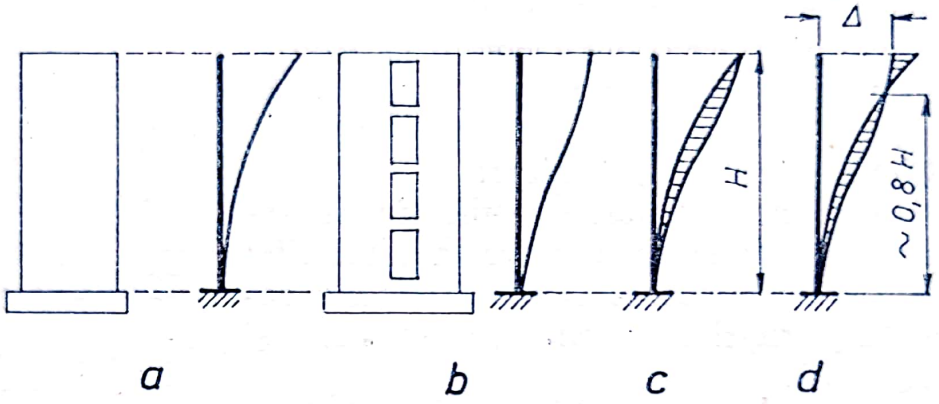


Fig. 7.2

În calculul pe aceste baze, fiecare diafragmă apare deci caracterizată prin rigiditatea ei la deplasare laterală, definită ca încărcarea orizontală (distribuită pe înălțime după legea admisă conform fig. 7.1), necesară pentru a-i imprima o deplasare $\Delta = 1$ la nivelul caracteristic. Prin repartizarea încărcării orizontale totale între diafragme proporțional cu rigiditățile lor astfel definite, *se păstrează pentru încărcarea care revine fiecărei diafragme aceeași lege de variație pe verticală ca și cea admisă pentru structura în ansamblu.*

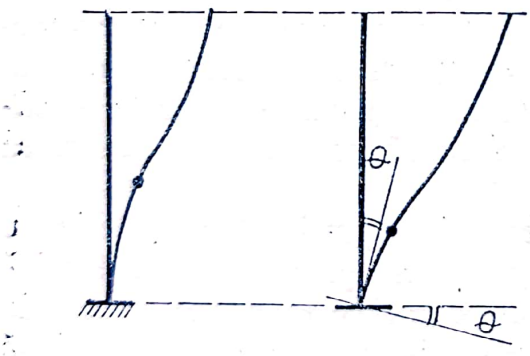


Fig. 7.3

d) Alura deformatei este influențată și de rotirea bazei fundației datorită compresibilității terenului. La diafragmele cu goluri, efectul se manifestă în modul arătat în fig. 7.3, punctul de inflexiune deplasîndu-se spre bază.

Pentru ca și în aceste condiții ipoteza admisă că deformatele tuturor diafragmelor structurii sînt afine să rămînă valabilă, trebuie să se adopte o ipoteză simplificatoare și pentru influența rotirilor fundațiilor, și anume: fie se consideră diafragmele încastrate perfect la bază (rotirea fundației nulă), fie se admite că afectează în egală măsură defor-

Scanned with OKEN Scanner

matele tuturor diafragmelor și deci nu alterează rapoartele între rigiditățile lor la deplasare laterală. În ambele cazuri, rigiditățile pot fi calculate făcînd abstracție de influența rotirii fundațiilor.

e) În calculul cadrelor etajate la încărcări orizontale concentrate la noduri (fig. 7.4), sistemul de ecuații de condiție din metoda deplasărilor

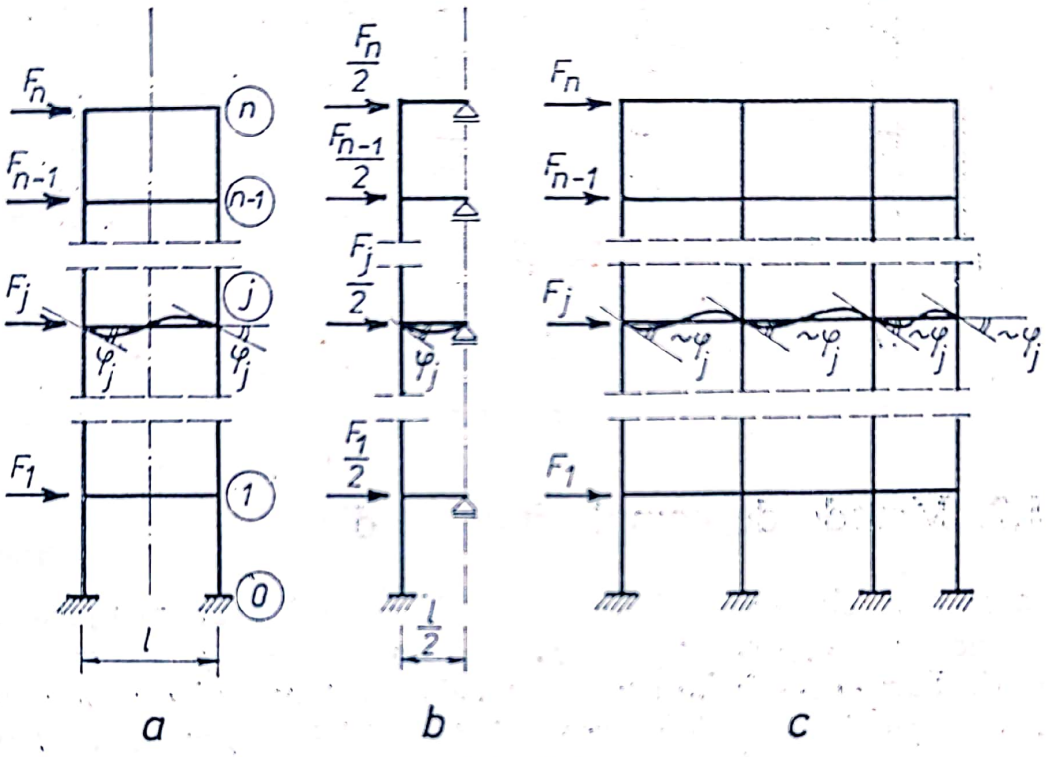


Fig. 7.4

capătă forma cea mai simplă în cazul cadrelor simetrice cu o singură deschidere (fig. 7.4, *a*), numite și cadre-„scară" [II.2, II.3]. Acestea, fiind solicitate antisimetric, se reduc în calcul la semistructuri ca în fig. 7.4, *b*, care au cîte o singură rotire de nod (φ) necunoscută la fiecare etaj.

Utilizarea aceleiași scheme poate fi extinsă și la cazul general al cadrelor etajate nesimetrice sau cu mai multe deschideri dacă se adoptă aproximația de a considera că rotirile nodurilor parcurse de o riglă sînt egale între ele (fig. 7.4, *c*). Sistemul poate fi atunci redus tot la forma din fig. 7.4, *b (metoda cadrului înlocuitor)* [II.15, II.3].

Aceleași considerații se aplică și în calculul diafragmelor cu goluri, în metodele simplificate (fig. 7.5). Diafragmele cu un șir de goluri dispus nesimetric sau cu mai multe șiruri de goluri (fig. 7.5, *b*) se aproximează prin *diafragme înlocuitoare* simetrice cu un singur șir de goluri în axă (fig. 7.5, *a*), respectiv prin semistructuri ca în fig. 7.5, *c* [II.3, II.9].

Prin considerarea structurii ca sistem monoton pe verticală și admiterea celorlalte ipoteze simplificatoare enumerate, sistemul de ecuații de

Scanned with OKEN Scanner

condiție rămîne dependent de un număr restrîns de parametri, ceea ce permite ca rezultatele rezolvării lui să poată fi date direct în tabele sau abace, în funcție de valorile acestor parametri.

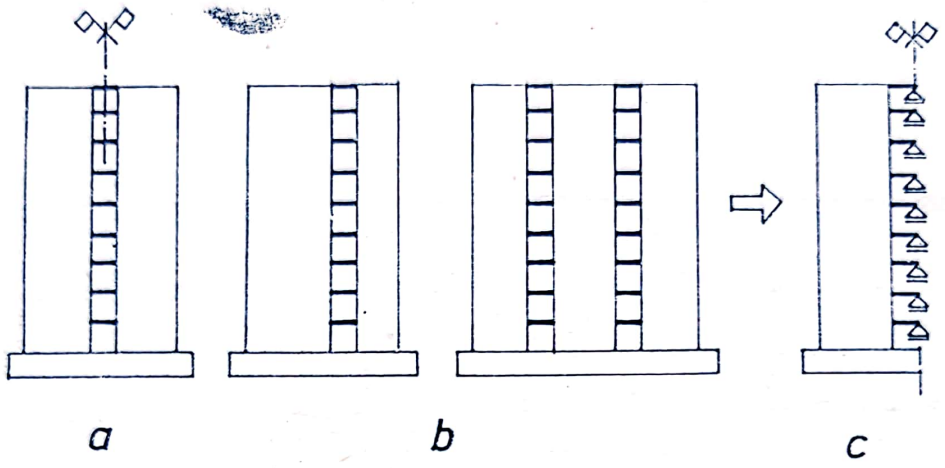


Fig. 7.5

7.1.2. Metode de complexitate mcdie

Prin *metode de complexitate medie* [II.5] se înțeleg metodele în care se menține pentru structurile formate din diafragme schematizarea ca sisteme de bare, deci se utilizează în calcul tot procedeele cunoscute din Statica construcțiilor, însă se renunță la celelalte aproximații admise în metodele simplificate. În acest mod, calculul se aplică mai general și la structuri a căror alcătuire se depărtează de cea monotonă pe verticală și totodată se obțin rezultate cu un grad îmbunătățit de rigurozitate, prin faptul că:

— condițiile de egalitate a deplasărilor laterale se pun la nivelul fiecărui planșeu;

— diafragmele cu un șir de goluri dispus nesimetric sau cu mai multe șiruri de goluri se introduc în calcul ca atare, fără a se mai reduce la diafragme înlocuitoare de tip „scară";

— distribuția pe înălțime a încărcărilor orizontale seismice se poate lua așa cum rezultă dintr-un calcul dinamic, în concordanță cu deformata clădirii, pentru fiecare mod de vibrație;

— influența rotirilor fundațiilor se poate introduce în mod diferențiat pentru fiecare diafragmă.

Calculul pe aceste baze conduce la un număr mare de ecuații, devenind inabordabil fără ajutorul calculatorului. Metodele de complexitate medie sînt deci adecvate numai pentru un calcul automat. Dar chiar în aceste condiții, scrierea sistemului de ecuații de condiție sub forma cea mai generală, pe ansamblul structurii, poate crea dificultăți de încadrare în

Scanned with OKEN Scanner

capacitatea calculatoarelor de tipuri obișnuite. De aceea, diferitele programe elaborate pe baza metodelor de complexitate medie cuprind totuși unele limitări sau simplificări suplimentare, care diferă de la un program la altul.

7.1.3. Metode bazate pe considerarea diafragmelor ca elemente bidirecționale (de suprafață)

În metodele din această categorie se renunță și la schematizarea diafragmelor prin bare sau sisteme de bare, considerîndu-le ca elemente de suprafață solicitate în planul lor, ceea ce corespunde trecerii de la procedeele Staticii construcțiilor la cele ale Teoriei elasticității:

— procedee numerice bazate pe discretizare, prin utilizarea elementelor finite [II.18, II.45, II.68];

— determinarea solicitărilor pe modele fotoelastice [II.51].

În domeniul tehnicii elementelor finite sînt de relevat studiile mai recente, menționate și la pct. 3.1 [II.65, II.67], în care se urmărește să se cuprindă în modelul matematic și caracteristicile betonului armat ca material neomogen și inelastic: prezența armăturilor, ieșirea din lucru a betonului din zona întinsă în stadiul II, variația rigidității în funcție de stadiul de solicitare. De fapt, în acest mod se iese din cadrul clasic al Teoriei elasticității, realizîndu-se primul pas spre un calcul în domeniul inelastic.

7.2. Domenii de utilizare recomandate

Din caracteristicile arătate ale celor trei categorii de metode de calcul decurg și domeniile în care este recomandată aplicarea lor:

a) *Metodele simplificate*, fiind bazate pe ipoteza că structura este monotonă pe verticală, dau o aproximație cu atît mai bună cu cît alcătuirea reală a structurii se apropie mai mult de cea a unei structuri monotone. Ținînd seama și de celelalte ipoteze simplificatoare admise, rezultă că metodele simplificate sînt adecvate pentru construcțiile civile etajate de tipuri obișnuite, cu cel mult $P + 10$ niveluri, la care:

— nu există retrageri sau suprimări de diafragme la ultimele niveluri;

— înălțimile etajelor sînt egale, iar înălțimea parterului nu diferă prea mult de cea a etajelor;

— marca betonului și grosimile diafragmelor se mențin constante pe toată înălțimea clădirii;

— pozițiile și dimensiunile golurilor sînt aceleași la toate nivelurile;

— în calculul la solicitări seismice, nu este necesar să se țină seama de influența modurilor superioare de vibrație.

Totodată, metodele simplificate pot fi aplicate numai la structurile de tip rigid (la care încărcările orizontale sînt preluate practic în întregime de diafragme sau nuclee, chiar dacă acestea sînt utilizate în combinație cu cadre intermediare sau perimetrale). În cazul structurilor semi-

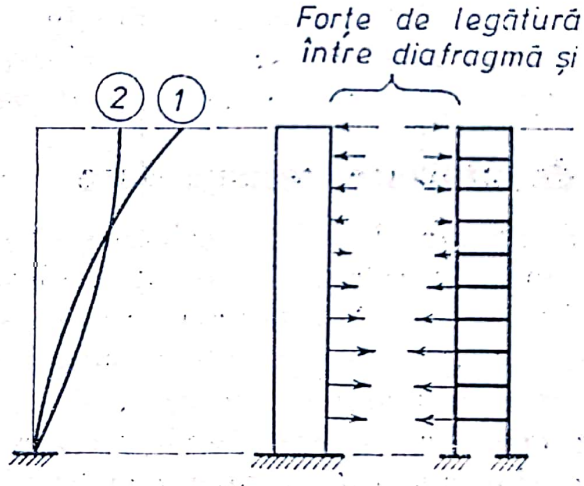
Scanned with OKEN Scanner

rigide, la care și cadrele preiau o parte semnificativă din încărcările orizontale, metodele simplificate nu mai dau o imagine satisfăcătoare a stării de eforturi, deoarece:

— stîlpii prezintă de regulă variații importante de secțiune pe înălțimea clădirii și deci cadrele se abat sensibil de la caracterul de structuri monotone pe verticală;

— între formele deformatelor diafragmelor (sau nucleelor) și cadrelor, considerate ca lucrînd independent (fig. 7.6, *a*, *b*), intervin diferențe mari, astfel că forțele orizontale de interacțiune generate de cuplarea lor au și ele valori importante. După cum se vede din fig. 7.6, *c*, aceste forțe își schimbă sensul pe înălțimea structurii: în zona extremității superioare ele descarcă diafragmele și încarcă cadrele, iar în zona inferioară viceversa [II.26], ceea ce nu se poate evidenția în calcul decît scriind condițiile de egalitate a deplasărilor laterale la toate nivelurile.

Se pot totuși admite și la astfel de structuri unele simplificări în schemele de calcul, care fac posibilă o rezolvare suficient de lesnicioasă fără să fie necesar să se apeleze la calculator. De exemplu, structura reală poate



(1) Deformata axei diafragmei cînd aceasta lucrează independent

(2) Idem pentru cadru

Fig. 7.6

fi schematizată ca în fig. 7.7, printr-o structură înlocuitoare în care toate diafragmele se reduc la o singură diafragmă, iar cadrele la un cadru-„scară" [II.10, II.11]. Se poate ajunge chiar la sistematizarea calculului sub forma de abace [II.41].

Cu toate aceste limitări, rămîne totuși pentru aplicarea metodelor simplificate definite la pct. 7.1.1. un cîmp destul de larg, la clădirile civile etajate de tipuri uzuale.

Scanned with OKEN Scanner

b) *Metodele de complexitate medie* acoperă întregul domeniu al construcțiilor etajate, cu singura restricție ca golurile din diafragme să fie dispuse ordonat pe verticală, astfel ca diafragmele respective să se preteze la o schematizare în calcul prin cadre etajate.

Chiar pentru construcțiile care se încadrează în domeniul de utilizare al metodelor simplificate, metodele de complexitate medie sînt preferate ori de cîte ori se dispune de un calculator și de programul corespunzător.

c) *Metodele teoriei elasticității*, avînd în vedere caracterul lor mai laborios, se folosesc de regulă numai în situații speciale, cum ar fi:

— diafragme de forme neconvenționale sau cu goluri dispuse neordonat, pentru care o asimilare cu bare sau sisteme de bare nu este practic posibilă sau conduce la erori prea mari. Un exemplu este cel al diafragmelor în

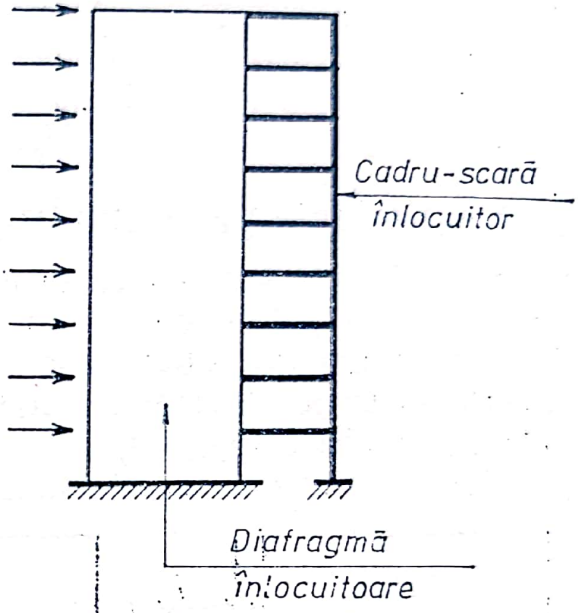
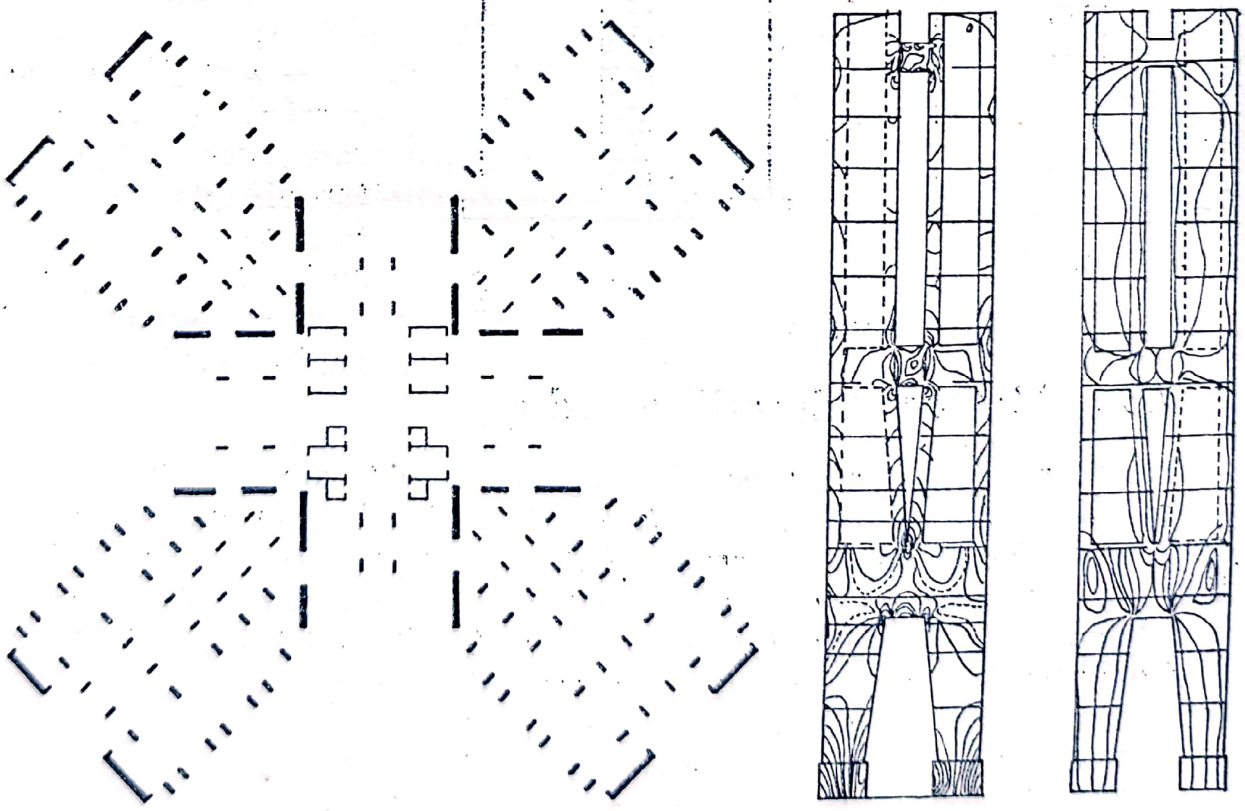


Fig. 7.7



Structura Spitalul Municipal București (proiectant: ing. E Săftoiu, consultant: prof ing. P. Mazilu)

Fig. 7.8

Scanned with OKEN Scanner

formă de A ale clădirii Spitalului Municipal Bucureşti, pentru care în fig. 7.8 se prezintă izocromatele şi izoclinele obţinute pe model fotoelastic, pentru încărcarea gravitaţională;

— cercetări teoretice (experimentări numerice sau pe modele fotoelastice) în vederea verificării unor ipoteze admise la baza metodelor simplificate.

De asemenea, studiul conlucrării spaţiale a ansamblurilor de diafragme pline şi cu goluri ca profile cu pereţi subţiri necesită utilizarea descompunerii lor în elemente finite [II.18].

7.3. Variante ale sistematizării calculului în metodele simplificate

S-a arătat la pct. 3.1 că pentru determinarea eforturilor secţionale în diafragme cu goluri, considerate ca sisteme monotone pe verticală, sînt folosite în practică două moduri de sistematizare a calculului numeric, ambele axate pe ideea ca rezultatele să poată fi date direct sub forma de tabele sau abace (fig. 7.9):

— *metoda reducerii la cadre*, în care calculul se efectuează pe schema de cadru etajat, deci considerînd sistemul real cu legături discrete formate din riglele de cuplare dispuse la intervale finite (fig. 7.9 *a*);

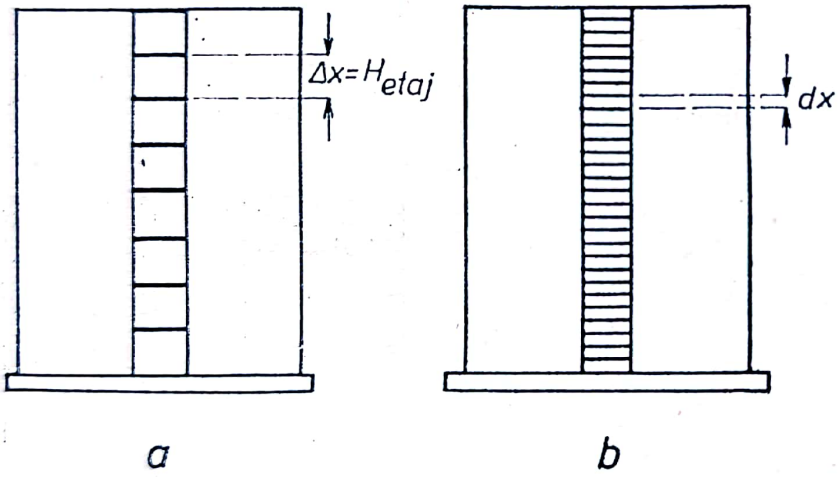


Fig. 7.9

— *metoda structurii continue înlocuitoare*, în care sistemului cu legături discrete i se substituie un sistem echivalent cu legături continue (la intervale infinit mici), ca în fig. 7.9, *b*.

7.3.1. Metoda reducerii la cadre

Procedee pornind de la schema cu legături discrete din fig. 7.9, *a* au fost propuse de diferiţi autori [II.3, II.6, II.8, II.17, II.46]. În prezenta lucrare se va utiliza procedeul propus în lucrarea [II.6] şi prezentat mai dezvoltat în [II.7, II.8], în care sistemul de ecuaţii de condiţie din metoda deplasărilor este scris luînd ca necunoscute *distorsiunile la noduri* [II.2-II.4, II.22, II.34 etc.].

Cînd structura este monotonă pe verticală, sistemul de ecuaţii devine definit în funcţie de numai 3 parametri:

— raportul λ între rigidităţile riglelor şi ale montanţilor;

— un factor γ care introduce influenţa deformabilităţii axiale a montanţilor;

— numărul de niveluri n,

astfel că rezultatele obţinute din rezolvarea lui pot fi întabulate în funcţie

Scanned with OKEN Scanner

de valorile lui λ și γ, întocmindu-se cîte un tabel pentru fiecare valoare a lui n. Tabelele [II.8] sînt date pentru structuri cu $n = 3 \ldots 11$ niveluri, acoperind astfel întregul domeniu uzual de aplicare a metodelor simplificate.

7.3.2. Metoda structurii continue înlocuitoare

Posibilitatea înlocuirii în calcul a unui sistem cu legături discrete printr-unul echivalent cu legături continue constituie o caracteristică a structurilor monotone și se utilizează și la alte tipuri de structuri decît diafragmele cu goluri. Un exemplu cunoscut în acest sens este cel al grinzii continue pe reazeme elastice (fig. 7.10, *a*), cu deschideri egale (reazeme la intervale finite $\Delta x = l$), care poate fi asimilată cu o grindă pe mediu elastic continuu (fig. 7.10, *b*). Aproximația care se obține este evident cu atît mai bună cu cît reazemele sînt mai dese.

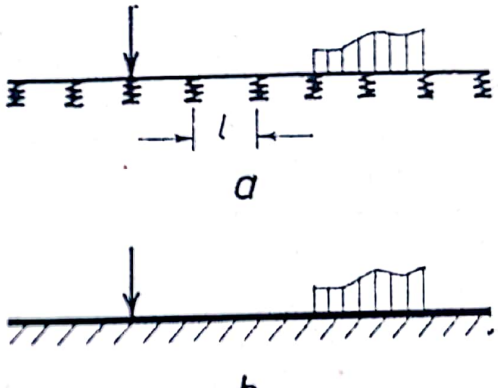


Fig. 7.10

În cazul diafragmei simetrice cu un șir de goluri în axă, încărcată cu forțe orizontale (fig. 7.11, *a*), riglele de cuplare, dispuse la intervale finite $\Delta x = H_{etaj}$, constituie conectori care împiedică parțial unecările relative între cei doi montanți. Secționînd sistemul în axă ca în fig. 7.11, *b*, se evidențiază forțele de legătură T, care solicită riglele la încovoiere și la forță tăietoare, ca pe niște console de deschidere $l/2$, iar montanților li se transmit forțele excentrice T, ca încărcări concentrate în dreptul riglelor. Mărimile forțelor de legătură static nedeterminate T rezultă din rezolvarea unui sistem de ecuații de condiție liniare.

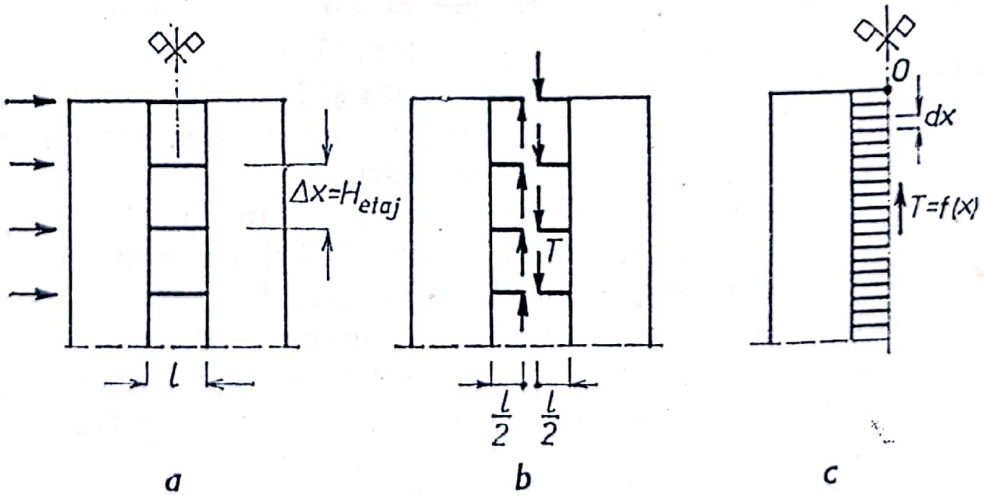


Fig. 7.11

În structura continuă înlocuitoare din fig. 7.11, *c*, cu riglele de cuplare dispuse la intervale infinit mici dx, dacă se asigură o echivalență cu structura

reală în ceea ce privește rigiditățile riglelor, se transmit montanților aceleași încărcări excentrice T, însă distribuite continuu pe verticală după o anumită lege. Funcția $T = f(x)$ se exprimă în acest caz printr-o ecuație diferențială, prin rezolvarea căreia se capătă valorile T în toate punctele.

Din punct de vedere matematic, corespondența între cele două moduri de calcul constă în aceea că *sistemul de ecuații algebrice liniare scris pentru structura cu legături discrete coincide cu cel la care se ajunge dacă ecuația diferențială scrisă pentru structura cu legături continue se transformă în diferențe finite*, luînd ca pas $\Delta x = H_{etaj}$ [II.4].

Se observă că în calculul pe structura continuă înlocuitoare nu intervine numărul de niveluri ale clădirii, ecuația diferențială fiind definită în funcție numai de doi dintre cei trei parametri menționați la pct. 7.3.1, și anume λ și γ. În consecință, rezultatele sînt mai ușor de reprezentat, putînd fi concentrate într-un singur tabel sau abacă, valabilă pentru orice număr de niveluri.

Rezultatele sînt cu atît mai apropiate de cele care se obțin prin metoda reducerii la cadre, cu cît numărul de niveluri este mai mare. De regulă, aproximația rezultă acceptabilă la structuri cu $\geqslant 7$ niveluri.

Procedee de acest tip, cu rezultatele date sub forma unor abace care furnizează valorile funcției $T = f(x)$ sau cu alte moduri de sistematizare echivalente, au fost propuse de mai mulți autori [II.9, II.13, II.14, II.57]. În România s-a utilizat mai mult cel publicat în anul 1960 de *Albigés* și *Goulet* [II.9], care se găsește expus în toate tratatele de specialitate apărute în țară [II.8, II.16, II.33, II.37]. Extinderi și generalizări au fost aduse ulterior prin numeroase lucrări apărute în țară și în străinătate [II.23 — II.25, II.27 — II.29, II.32, II.35, II.36, II.38, II.43, II.53 etc.].

7.3.3. Considerații comparative

Metoda reducerii la cadre oferă posibilitatea unei sistematizări mai avantajoase a calculului practic și totodată are și un domeniu mai larg de aplicare, prin faptul că se poate utiliza și la clădiri cu < 7 niveluri, la care aproximația suplimentară $\Delta x \sim dx$ din metoda structurii continue înlocuitoare conduce la erori prea mari.

Este de menționat că și în situațiile mai rar întîlnite cînd aplicarea metodelor simplificate este acceptată și la clădiri cu peste 11 niveluri, ambele metode pot fi în egală măsură utilizate. În metoda reducerii la cadre, deși tabelele cu coeficienți sînt date numai pentru $n \leqslant 11$, tabelul corespunzător la $n = 11$ poate servi cu suficientă aproximație și pentru $n > 11$, introducînd la raportul de rigidități λ o corecție corespunzătoare.

Ținînd seama de aceste considerente, în lucrarea de față s-a dat o dezvoltare mai mare metodei reducerii la cadre, care este prezentată detaliat în cadrul cap. 8 și 9. Metoda structurii continue înlocuitoare este tratată mai succint în cap. 10, unde se demonstrează și modul de deducere reciprocă a ecuațiilor de condiție din cele două metode.

Scanned with OKEN Scanner

8. METODA REDUCERII LA CADRE. DETERMINAREA EFORTURILOR SECȚIONALE ÎNTR-O DIAFRAGMĂ PLINĂ SAU CU GOLURI SUPRAPUSE

În cele ce urmează, se începe printr-o recapitulare sintetică a noțiunilor și relațiilor cunoscute din calculul cadrelor obișnuite, după care se prezintă corecțiile cu care trebuie afectat acest calcul în cazul diafragmelor.

8.1. Utilizarea distorsiunilor în calculul cadrelor-scară monotone pe verticală [II.2, II.3, II.6, II.22]

8.1.1. Distorsiuni

Prin *distorsiune* se înțelege o rotire imprimată unui nod de cadru, lăsînd libere deplasările laterale ale nodurilor. În fig. 8.1, pentru un cadru ortogonal simplu format dintr-un stîlp *jk* și o riglă *jj'*, cu reazem mobil în

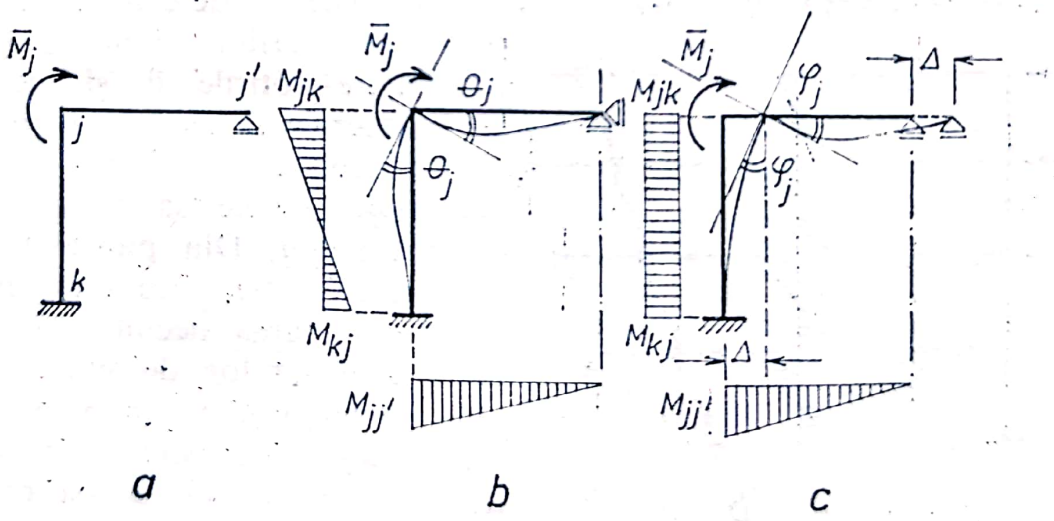


Fig. 8.1

j' și încărcat cu un moment exterior $\bar{M}_j$ în nodul *j*, sînt arătate comparativ deformatele și diagramele de momente corespunzătoare rotirii simple a nodului $j(\theta_j)$, cu deplasarea laterală blocată (fig. 8.1, *a*) și distorsiunii φ_j, cu deplasarea laterală Δ liberă (fig. 8.1, *b*).

Scanned with OKEN Scanner

În cazul distorsiunii, neexistînd reacțiune orizontală în j', forța tăietoare în stîlpul jk este nulă și deci momentele încovoietoare sînt constante între j și k.

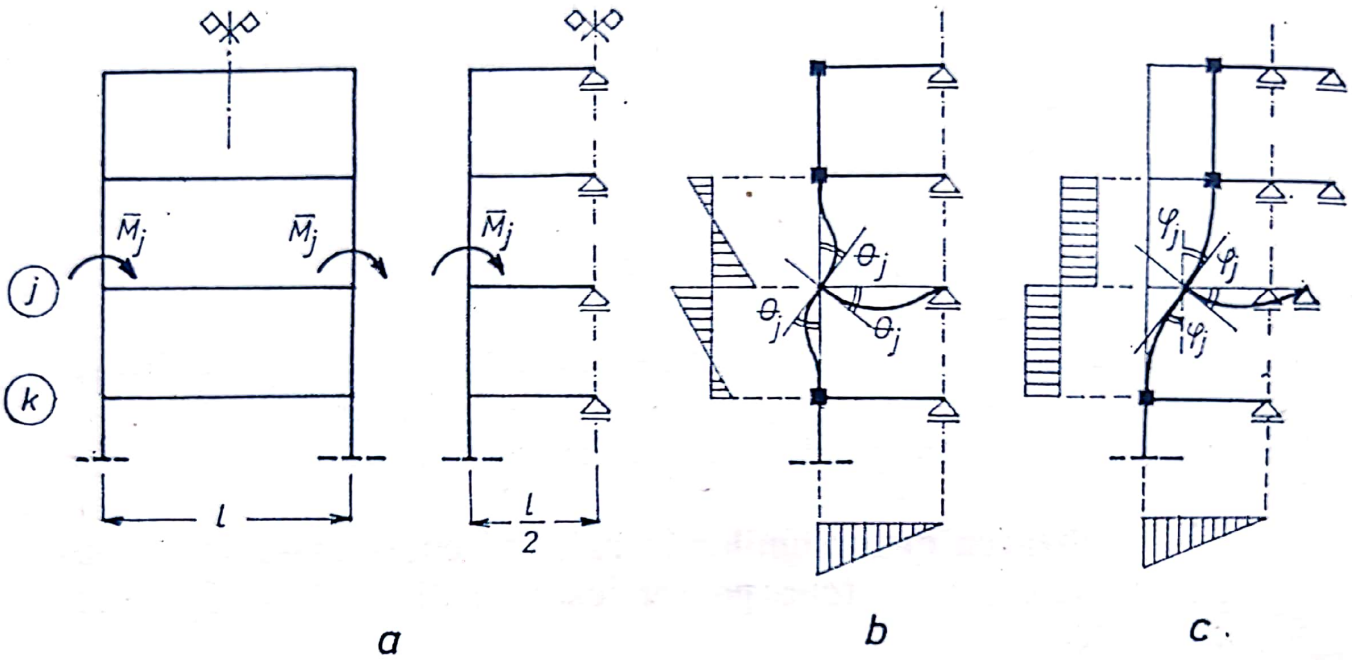
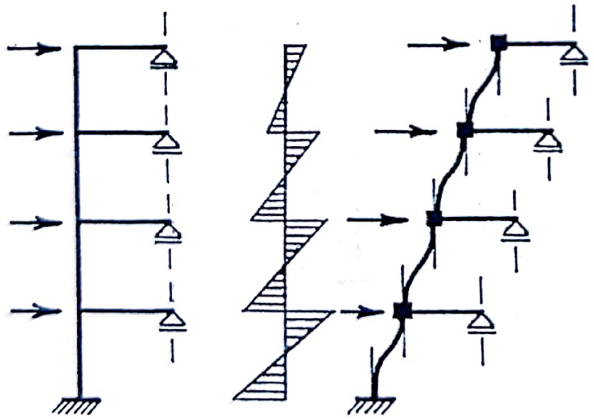


Fig. 8.2

Trecînd la un cadru etajat ortogonal de tip scară, aceeași comparație a deformatelor și diagramelor de momente pentru o rotire simplă și o distorsiune, imprimate unui nod curent j, este arătată în fig. 8.2.

Cadrele-scară prezintă particularitatea că sistemul de ecuații din metoda deplasărilor, avînd ca necunoscute rotirile θ și deplasările laterale Δ ale nodurilor, poate fi redus la o formă în care necunoscutele să fie numai distorsiuni. Din punct de vedere matematic, aceasta revine la eliminarea necunoscutelor Δ și a ecuațiilor de etaj, reducînd sistemul la ecuațiile de nod. Din punctul de vedere al semnificației fizice, transformarea respectivă reprezintă o *trecere de la sistemul clasic de bază al metodei deplasărilor, cu rotirile și deplasările laterale ale nodurilor blocate, la un sistem de bază cu rotirile (distorsiunile) blocate, dar cu deplasările laterale libere* (fig. 8.3).



a. Cadrul încărcat cu forțe orizontale

b. Sistemul de bază cu rotirile nodurilor blocate și cu deplasările laterale libere

Fig. 8.3

Scanned with OKEN Scanner

8.1.2. Notații și convenții de semne

Considerînd un cadru-scară monoton pe verticală, încărcat cu forțe orizontale aplicate la noduri și redus la o semistructură ca în fig. 8.4, se folosesc notațiile:

$1 \ldots n$ — numerotarea nodurilor (de jos în sus);

i, j, k — noduri curente consecutive pe verticală;

l — deschiderea riglelor;

H_e — înălțimea etajelor;

F_j — încărcarea orizontală concentrată la nodul j;

$Q_j = \sum_{j}^{n} F$ — forța tăietoare exterioară la nivelul nodului j;

M_{ji}, M_{jk}, M_j — momentele la capetele barelor din jurul nodului j (pentru riglă, M_{jj} s-a notat prescurtat M_j);

$\overline{M}_{ji}, \overline{M}_{jk}$ — valorile momentelor M_{ji}, M_{jk} în sistemul de bază (momentele de încastrare perfectă);

$\overline{M}_j = \overline{M}_{ji} + \overline{M}_{jk}$ — momentul neechilibrat la nodul j;

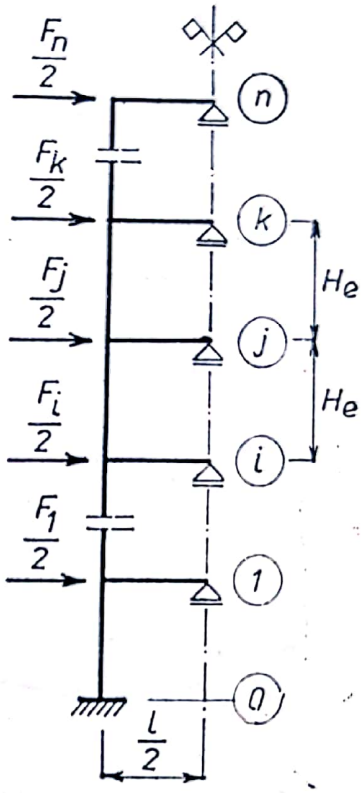


Fig. 8.4

I_r, I_m — momentele de inerție ale riglelor și ale stîlpilor (montanților);

E_r, E_m — modulii de elasticitate convenționali pentru rigle și stîlpi, care pot fi luați cu valori diferite;

K_r, K_m — rigiditățile la distorsiune ale riglelor și stîlpilor;

$\lambda = \frac{K_r}{K_m}$ — raportul între rigiditățile la distorsiune ale riglelor și stîlpilor.

Convenția de semne:

— pentru forțele orizontale și deplasările laterale, sensul pozitiv de la stînga spre dreapta;

— pentru momente și rotiri, sensul pozitiv orar (în cazul momentelor de capăt de bară, se consideră momentele „pe nod").

Scanned with OKEN Scanner

8.1.3. Relații între momente și distorsiuni

a. **Momentele la capetele stîlpilor în sistemul de bază.** În sistemul de bază cu rotirile de noduri blocate și cu deplasările laterale libere (fig. 8.5), semistructura este încărcată la noduri cu forțele orizontale $F/2$. Pentru stîlpul jk:

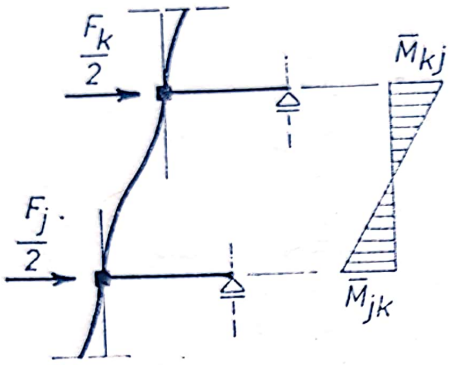


Fig. 8.5

$$\frac{\overline{M}_{jk}+\overline{M}_{kj}}{H_e}=\frac{Q_j}{2}=\frac{1}{2}\sum_j^n F$$

de unde:

$$\boxed{\overline{M}_{jk}=\overline{M}_{kj}=\frac{Q_j H_e}{4}} \qquad (8.1)$$

b. **Rigiditățile riglelor.** Imprimînd o distorsiune φ_j nodului j, rigla jj este solicitată antisimetric ca în fig. 8.6, astfel că rezultă:

$$M_j=-\frac{6E_rI_r}{l}\varphi_j=-K_r\varphi_j \qquad (8.2)$$

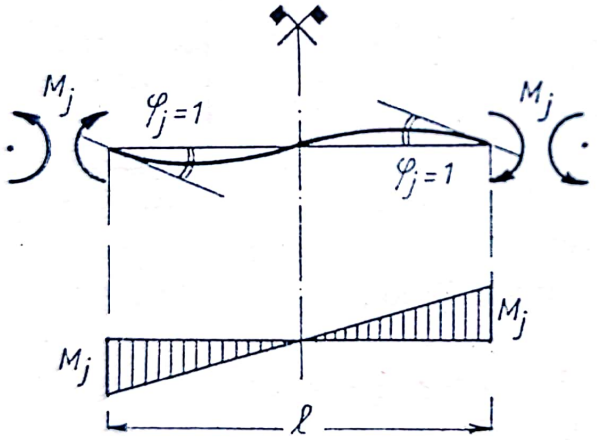


Fig. 8.6

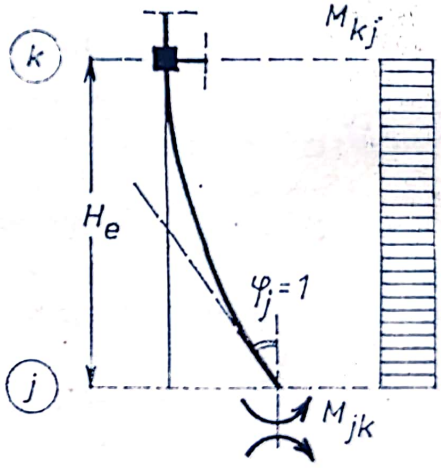


Fig. 8.7

deci rigiditatea la distorsiune a riglei are expresia:

$$\boxed{K_r=\frac{6E_rI_r}{l}} \qquad (8.3)$$

c. **Rigiditățile stîlpilor.** Stîlpul jk (fig. 8.7) este solicitat ca o consolă verticală, încastrată în nodul cu rotire blocată k și cu capătul din j liber deplasabil. Atunci:

$$M_{jk}=-\frac{E_mI_m}{H_e}\varphi_j=-K_m\varphi_j \qquad (8.4)$$

Scanned with OKEN Scanner

deci rigiditatea la distorsiune a stîlpului are expresia:

$$\boxed{K_m = \frac{E_m I_m}{H_e}} \tag{8.5}$$

Observație. Această relație poate fi dedusă și din relațiile generale cunoscute între momentele și deplasările de capăt de bară pentru stîlpul unui cadru etajat ortogonal:

$$\left.\begin{aligned} M_{jk} &= -\frac{4 E_m I_m}{H_e}\left(\theta_j + \frac{1}{2}\theta_k - \frac{3}{2}\cdot\frac{\Delta_{jk}}{H_e}\right) \\ M_{kj} &= -\frac{4 E_m I_m}{H_e}\left(\theta_k + \frac{1}{2}\theta_j - \frac{3}{2}\cdot\frac{\Delta_{jk}}{H_e}\right) \end{aligned}\right\} \tag{8.6}$$

unde Δ_{jk} este deplasarea relativă de etaj.

Forța tăietoare în stîlp este

$$Q_{jk} = \frac{M_{jk} + M_{kj}}{H_e} = -\frac{4 E_m I_m}{H_e}\left(\frac{3}{2}\theta_j + \frac{3}{2}\theta_k - 3\frac{\Delta_{jk}}{H_e}\right).$$

Punînd $\theta_k = 0$ (capătul k blocat) și $Q_{jk} = 0$ (deplasarea laterală Δ_{jk} liberă), rezultă:

$$\frac{3}{2}\theta_j - 3\frac{\Delta_{jk}}{H_e} = 0$$

de unde:

$$\Delta_{jk} = \frac{\theta_j H_e}{2}$$

Înlocuind pe Δ_{jk} cu această expresie în (8.6), se regăsește relația (8.4):

$$M_{jk} = -\frac{4 E_m I_m}{H_e}\left(\theta_j - \frac{3}{4}\theta_j\right) = -\frac{E_m I_m}{H_e}\theta_j = -\frac{E_m I_m}{H_e}\varphi_j.$$

La capătul opus al stîlpului, în convenția de semne orară adoptată, rezultă:

$$M_{kj} = -M_{jk}.$$

d. **Expresiile momentelor în funcție de distorsiuni.** Aceste expresii sînt:

— în sistemul de bază:

$$M_{ji} = \overline{M}_{ji}; \quad M_{jk} = \overline{M}_{jk}; \quad M_j = 0;$$

— din distorsiunea φ_j:

$$M_{ji} = -K_m\varphi_j; \quad M_{jk} = -K_m\varphi_j; \quad M_j = -K_r\varphi_j;$$

— din distorsiunile φ_i, φ_k:

$$M_{ji} = -M_{ij} = +K_m\varphi_i; \quad M_{jk} = -M_{kj} = +K_m\varphi_k;$$

— în total:

$$\left.\begin{aligned} M_{ji} &= \overline{M}_{ji} - K_m(\varphi_j - \varphi_i) \\ M_{jk} &= \overline{M}_{jk} - K_m(\varphi_j - \varphi_k) \\ M_j &= -K_r\varphi_j. \end{aligned}\right\} \tag{8.7}$$

Scanned with OKEN Scanner

8.1.4. Scrierea sistemului de ecuaţii

Ecuaţia de echilibru a momentelor în jurul nodului j este:

$$M_{ji} + M_{jk} + M_j = 0.$$

Înlocuind momentele cu expresiile lor (8.7) în funcție de distorsiuni şi grupînd termenii, se obține:

$$- \varphi_i K_m + \varphi_j (2\ K_m + K_r) - \varphi_k K_m = \overline{M}_{jk} + \overline{M}_{kj} = \overline{M}_j \qquad (8.8)$$

sau:

$$- \varphi_i + \varphi_j (2 + \lambda) - \varphi_k = \frac{\overline{M}_j}{K_m} \cdot \qquad (8.9)$$

Dacă în locul distorsiunilor φ_j se introduce ca necunoscute momentele la capetele riglelor, care sînt proporţionale cu acestea ($M_{jj} = - K_r \varphi_j$), ecuația curentă (8.9) se transformă în:

$$\frac{M_i}{K_r} - \frac{M_j}{K_r} (2 + \lambda) + \frac{M_k}{K_r} = \frac{\overline{M}_j}{K_m}$$

sau, înmulțind ambii termeni cu $- K_r$

$$\boxed{- M_i + M_j (2 + \lambda) - M_k = - \lambda \overline{M}_j.} \qquad (8.10)$$

Sub această formă iese în evidență că pentru o încărcare orizontală dată, respectiv pentru $\overline{M}_j$ dat, ecuația rămîne funcție de un singur parametru care caracterizează structura: raportul de rigidități λ.

La ultimul nod (la extremitatea superioară a cadrului), unde se întîlnesc numai un stîlp $(n - 1) - (n)$ și o riglă (n), ecuația (8.10) devine:

$$- M_{n-1} + M_n (1 + \lambda) = -\lambda \overline{M}_n. \qquad (8.11)$$

Ecuaţiile (8.10), (8.11) alcătuiesc un sistem cu matrice tridiagonală, de forma:

$$\left.\begin{array}{l} M_1 (2 + \lambda) - M_2 = - \lambda \overline{M}_1 \\ - M_1 + M_2 (2 + \lambda) - M_3 = - \lambda \overline{M}_2 \\ - M_2 + M_3 (2 + \lambda) - M_4 = - \lambda \overline{M}_3 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ - M_{n-2} + M_{n-1} (2 + \lambda) - M_n = -\lambda \overline{M}_{n-1} \\ - M_{n-1} + M_n (1 + \lambda) - = \lambda \overline{M}_n. \end{array}\right\} \qquad (8.12)$$

8.2. Aplicarea la diafragme cu goluri [II.6, II.7, II.8]

Corecțiile necesare la sistemul (8.12) în vederea utilizării la diafragmele cu goluri se referă la:

a) Determinarea rigidităților riglelor de cuplare, considerate ca bare cu secțiune variabilă ca în fig. 5.1 și ținînd seama și de deformațiile produse de forțele tăietoare.

Este de observat că rigiditățile montanților nu sînt influențate de deformațiile produse de forțele tăietoare, deoarece, așa cum s-a arătat, distorsiunile reprezintă deplasări cu forță tăietoare nulă în montanți. Influența deformațiilor respective intervine de aceea numai în expresia deplasărilor laterale din sistemul de bază (fig. 8.3, *b*).

b) Luarea în considerare a deformabilității axiale a montanților, deci introducerea unor grade de libertate în plus, corespunzătoare deplasărilor nodurilor pe verticală.

8.2.1. Rigiditățile riglelor de cuplare

a. **Deformațiile produse de momentele încovoietoare.** În fig. 8.8 este reprezentată o riglă de cuplare a unei diafragme simetrice de tip scară, cu schema și notațiile definite la pct. 5.1.

Prin distorsiunea φ_j, sub acțiunea momentelor antisimetrice M_j, rigla se deformează ca în fig. 8.8, *b*: zonele marginale jA, $j'A'$, considerate cu moment de inerție infinit, se rotesc fără a se deforma în pozițiile jB, $j'B'$, iar porțiunea centrală BB' capătă o deformație cu punct de inflexiune în axă (O).

Prelungind dreapta jB pînă la intersecția ei C cu axa de simetrie, tangenta BC la deformata porțiunii BB' formează cu coarda BB' unghiul φ_B.

În fig. 8.8, *c* este arătată diagrama de momente. Cu M_B s-a notat momentul la capătul zonei deformabile BB'.

Pentru zona centrală de secțiune constantă, relația între momentele și rotirile la capete este (8.2):

$$M_B = -\frac{6 E_r I_r}{l} \varphi_B.$$

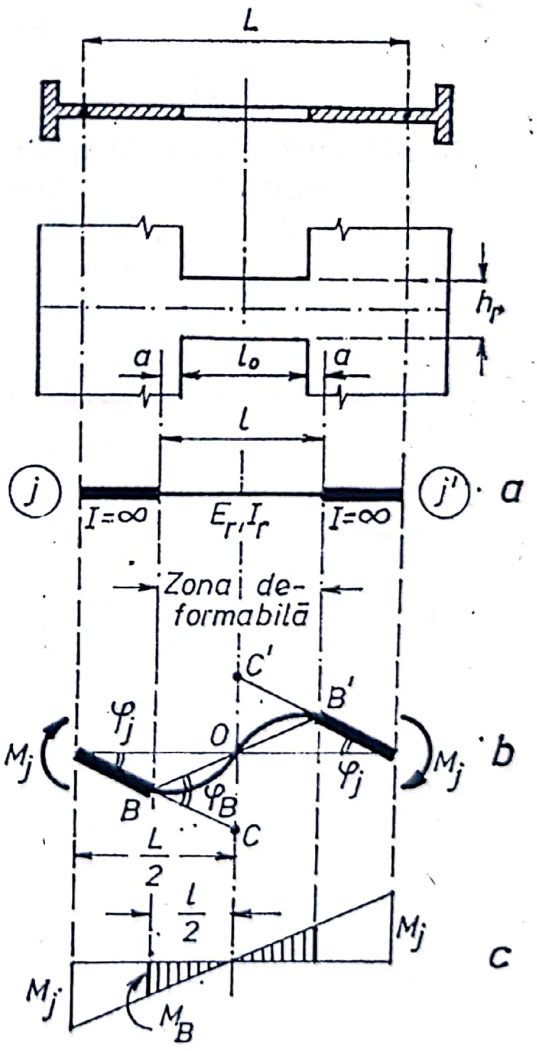


Fig. 8.8

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 8.8, *b*, $OC = \varphi_B \frac{l}{2} = \varphi_j \frac{L}{2}$, de unde: $\varphi_B = \varphi_j \frac{L}{l}$.

În fig. 8.8. *c*, $\frac{M_B}{M_j} = \frac{l/2}{L/2}$, de unde: $M_B = M_j \frac{l}{L}$.

Înlocuind în relația dintre M_B și φ_B, se obține relația între M_j și φ_j:

$$M_j \frac{l}{L} = - \frac{6 E_r I_r}{l} \varphi_j \frac{L}{l}$$

sau:

$$M_j = - \frac{6 E_r I_r}{L} \left(\frac{L}{l} \right)^3 \varphi_j. \tag{8.13}$$

Deci, dacă se ține seama numai de deformațiile produse de momentele încovoietoare, rigiditatea la distorsiune a riglei de cuplare are expresia:

$$K_r = \frac{6 E_r I_r}{L} \left(\frac{L}{l} \right)^3 \tag{8.14}$$

în care coeficientul supraunitar $(L/l)^3$ introduce efectul secțiunii variabile.

b. **Deformațiile produse de forțele tăietoare.** Pentru determinarea deformației suplimentare produse de forțele tăietoare, se păstrează (fig. 8.9) aceeași schemă a riglei de cuplare ca și în fig. 8.8, cu zonele marginale rigide (aria secțiunii transversale considerată infinită) și cu porțiunea centrală deformabilă, caracterizată prin modulul de rigiditate $G_r A_{rt}$, în care: G_r este modulul de elasticitate transversal, care în conformitate cu prevederile din STAS 10102/0-80 se ia $G_r \approx 0{,}4\, E_r$ și A_{rt} — aria secțiunii active pentru deformațiile produse de forța tăietoare, determinată cu formula (5.3).

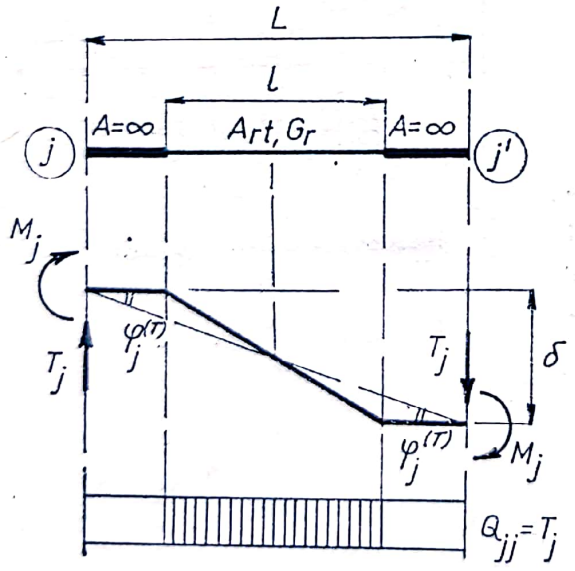


Fig. 8.9

Rigla este încărcată la capete cu momentele M_j și cu reacțiunile verticale $T_j = - 2 M_j/L$. În figură sînt arătate deformata riglei și diagrama forței tăietoare $Q_{jj} = T_j = \text{const}$.

Pentru porțiunea centrală l de secțiune constantă, deplasarea relativă pe verticală prin deformațiile de lunecare este:

$$\delta = \frac{Q_{jj}\, l}{G_r A_{rt}} = \frac{T_j\, l}{0{,}4\, E_r A_{rt}}$$

Scanned with OKEN Scanner

ceea ce corespunde unei distorsiuni suplimentare:

$$\varphi_j^{(T)} = \frac{\delta}{L} = \frac{T_j\, l}{0{,}4\; E_r\, A_{rt}\; L} = -\frac{2\, M_j\, l}{0{,}4\, E_r\, A_{rt}\, L^2}$$

care se adaugă la cea produsă de momentele încovoietoare, dată de relația (8.13)

$$\varphi_j^{(M)} = -\frac{M_j}{K_r} = -\frac{M_j}{\dfrac{6\, E_r\, I_r}{L}\left(\dfrac{L}{l}\right)^3}.$$

Distorsiunea totală:

$$\varphi_j = \varphi_j^{(M)} + \varphi_j^{(T)} = -\frac{M_j}{\dfrac{6\, E_r\, I_r}{L}\left(\dfrac{L}{l}\right)^3} - \frac{2\, M_j\, l}{0{,}4\, E_r\, A_{rt}\, L^2} =$$

$$= -\frac{M_j}{\dfrac{6\, E_r\, I_r}{L}\left(\dfrac{L}{l}\right)^3}\left[1 + \frac{12\, E_r\, I_r \left(\dfrac{L}{l}\right)^3}{0{,}4\, E_r\, A_{rt}\, L^2}\right]$$

$$= -\frac{M_j}{\dfrac{6\, E_r\, I_r}{L}\left(\dfrac{L}{l}\right)^3}\left(1 + \frac{30\, I_r}{A_{rt}\, l^2}\right).$$

Deci rigiditatea corectată a riglei este:

$$\boxed{K_r = \frac{6\, E_r\, I_r}{L}\left(\frac{L}{l}\right)^3 \mu} \qquad (8.15)$$

unde:

$$\boxed{\mu = \frac{1}{1 + \dfrac{30\, I_r}{A_{rt}\, l^2}}} \qquad (8.16)$$

este coeficientul subunitar cu care se corectează expresia (8.14) pentru a ține seama de influența deformațiilor produse de forța tăietoare.

Observație. În Instrucțiunile tehnice P. 85—78, apărute anterior standardului 10102/0—80, s-a luat $G_r = 0{,}425\, E_r$, din care cauză la numitorul formulei (8.16) apărea $12/0{,}425 = 28{,}2$ în loc de 30.

Scanned with OKEN Scanner

c. **Modulul de elasticitate convențional** E_r. Riglele de cuplare sînt solicitate la încovoiere, deci în stadiul II de lucru gradul lor de fisurare este mai avansat decît cel al montanților, care sînt comprimați excentric. Fisurile afectează de regulă întreaga înălțime a secțiunii riglelor, datorită și eforturilor de întindere centrică generate de contracția împiedicată a betonului, care — în special la diafragmele cu montanți rigizi — se localizează în mare măsură în riglele de cuplare.

De aceea, se recomandă în general ca în calculul în domeniul elastic să se ia numai pentru montanți $E_m = E_b$, iar pentru rigle să se introducă valori $E_r \leqslant 0{,}6\, E_b$, mergînd chiar pînă la $E_r = 0{,}15\, E_b$.

În Instrucțiunile tehnice P.58—78 [II.5] se recomandă ca regulă generală $E_r/E_m = 0{,}15$, admițîndu-se ca în cazurile cînd este de presupus că riglele sînt mai puțin solicitate să se ia prin apreciere $E_r/E_m \leqslant 0{,}5$.

În tabelul care urmează sînt date valorile la care se ajunge pentru E_r pe cale teoretică, pe baza ipotezelor dintr-un studiu al lui T. Paulay [II.56], în funcție de procentele de armare longitudinale și transversale ale riglelor de cuplare.

Procent de armare longitudinală %	Valorile E_r/E_b pentru procente de armare transversală:		
	0,2 %	0,4 %	0,6 %
0,25	0,08	0,10	0,11
0,50	0,11	0,13	0,14
0,75	0,13	0,15	0,16
1,00	0,14	0,16	0,17
1,25	0,16	0,17	0,19
1,50	0,17	0,19	0,20

Adoptînd în mod consecvent și pentru montanți valori $E_m < E_b$ în corelație cu stadiul lor de fisurare, se ajunge pentru raportul E_r/E_m la valori între 0,15—0,30.

Avînd în vedere incertitudinea cu privire la valoarea cea mai adecvată de adoptat pentru raportul E_r/E_m, în unele tratate [II.55 și altele] se recomandă ca întregul calcul al structurii să fie efectuat în două variante, cu valori extreme ale acestui raport, iar dimensionarea să se facă pentru fiecare element după ipoteza cea mai defavorabilă. Cu cît valoarea raportului E_r/E_m se ia mai mare, cu atît rezultă din calcul momente mai mari în riglele de cuplare, deci acestea sînt dimensionate de ipoteza $E_r = \max$. Soluția, care a fost practicată și în institutele de proiectări de la noi, are un caracter acoperitor și poate fi considerată satisfăcătoare în cazul construcțiilor supuse la încărcări orizontale moderate. La diafragmele mai puternic solicitate ale clădirilor situate în zone cu grad ridicat de seismi-

Scanned with OKEN Scanner

citate și în special la blocurile de locuințe cu înălțimi mici de etaje, poate însă interveni situația ca dimensionarea riglelor de cuplare în ipoteza $E_r = \max.$ să nu fie practic realizabilă. Înălțimile secțiunilor lor, dictate de diferența între înălțimea etajului și cea a golurilor de uși, limitează capacitățile portante, în deosebi la forță tăietoare, putînd să oblige la o dimensionare în ipoteza cu $E_r = \min.$ Prin aceasta se ajunge de fapt să se admită sub o formă indirectă apariția unor articulații plastice la capetele riglelor mai solicitate.

În exemplele numerice din lucrarea de față s-a adoptat $E_r/E_m = 0{,}25$, ceea ce reprezintă o valoare medie pentru situațiile întîlnite în practică.

8.2.2. Rigiditățile montanților

Rigiditățile montanților, nefiind influențate de deformațiile produse de forțele tăietoare, rămîn cele date de relația (8.5):

$$K_m = \frac{E_m I_m}{H_e}$$

unde $E_m \approx E_b$.

8.3. Influența deformabilității axiale a montanților

8.3.1. Notații (fig. 8.10)

Se adoptă următoarele notații:

A_m — aria secțiunii active a unui montant, determinată conform pct. 5.2.1;

I_m — momentul de inerție al secțiunii A_m;

I_0 — momentul de inerție global al secțiunii formate din cei doi montanți, considerați ca alcătuind un singur element.

$$I_0 = 2A_m \left(\frac{L}{2}\right)^2 + 2\,I_m = \frac{A_m L^2}{2} + 2\,I_m =$$

$$= \frac{A_m L^2}{2}\left(1 + \frac{4\,I_m}{A_m L^2}\right) = \frac{A_m L^2}{2}\,\gamma$$

unde s-a notat cu:

$$\boxed{\gamma = 1 + \frac{4\,I_m}{A_m L^2}} \qquad (8.17)$$

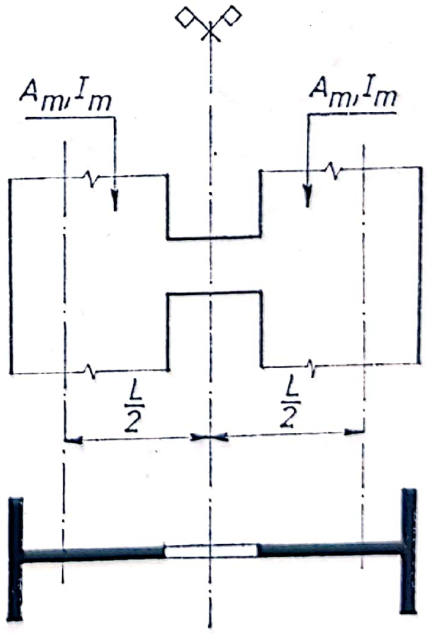


Fig. 8.10

Scanned with OKEN Scanner

coeficientul care caracterizează ponderea momentelor de inerție proprii I_m ale celor doi montanți în expresia momentului de inerție global I_0.

Cu cît secțiunile montanților sînt mai mari în raport cu secțiunea golului din axă, cu atît γ are valori mai mari. La cadre obișnuite formate din stîlpi și grinzi, $\gamma \approx 1$. La diafragme, de regulă $\gamma = 1 \ldots 1{,}2$, mai rar $\gamma > 1{,}2$.

8.3.2. Considerarea deformabilității axiale a montanților în mod simplificat, în funcție de parametrul γ

O cale simplificată de luare în considerare a influenței deformațiilor axiale ale montanților este cea utilizată inițial de *Albigès* și *Goulet* [II.9] în metoda structurii continue înlocuitoare, transpusă apoi în metoda reducerii la cadre în lucrările [II.34, II.37] și care constă în exprimarea acestei influențe în funcție de parametrul γ definit la pct. 8.3.1.

În fig. 8.11 este arătată deformata unei rigle jj' în cadrul distorsiunii perechii de noduri j,j', pentru forțe orizontale acționînd de la stînga spre dreapta. Cu linie plină s-a reprezentat deformata corespunzătoare ipotezei că nu se ține seama de deformabilitatea axială a montanților.

Reacțiunile T_j transmise de riglă celor doi montanți supun montantul din dreapta la compresiune și pe cel din stînga la întindere. Dacă se iau în considerare și deformațiile axiale produse de aceste reacțiuni, cumulate pe verticală pînă la nivelul riglei jj' (v_j), deformata axei riglei devine cea reprezentată cu linie întreruptă. Se vede din figură că în această situație, pentru aceleași valori ale momentelor M_j aplicate la capete, distorsiunea se micșorează cu o cantitate egală cu rotirea γ_j a barei produsă de deformațiile v_j:

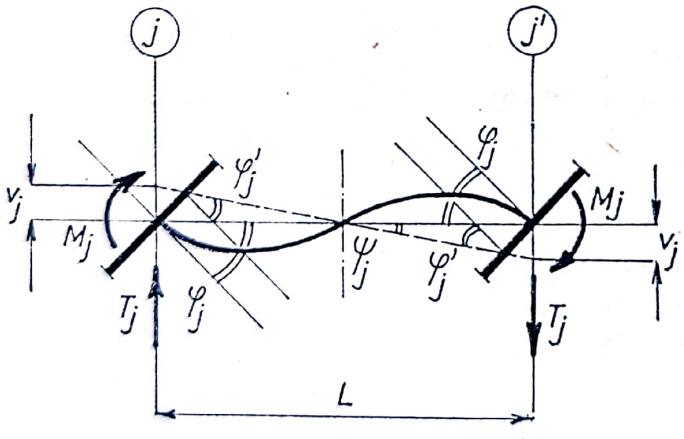


Fig. 8.11

$$\varphi'_j = \varphi_j - \gamma_j = \varphi_j - \frac{2\,v_j}{L} \qquad (8.18)$$

respectiv rigiditatea la distorsiune a riglei crește. Potrivit demonstrațiilor date în lucrările [II.9, II.34], coeficientul cu care se majorează rigiditatea K_r este tocmai parametrul γ dat de relația (8.17).

Ecuația (8.8) devine atunci:

$$-\varphi_i K_m + \varphi_j(2K_m + \gamma K_r) - \varphi_k K_m = \bar{M}_j \qquad (8.19)$$

Scanned with OKEN Scanner

sau, sub forma exprimată în momente (8.10)

$$\boxed{-M_i + M_j(2 + \lambda\gamma) - M_k = -\lambda\bar{M}_j} \qquad (8.20)$$

Sistemul de ecuații (8.20) este deci dependent de doi parametri care caracterizează structura: λ și γ.

8.3.3. Considerarea deformabilității axiale a montanților printr-un procedeu iterativ

Tabelele de calcul date în prezenta lucrare au fost întocmite folosind un alt procedeu decît cel prezentat la pct. 8.3.2 și anume o particularizare pentru cadre-scară monotone pe verticală, în operarea cu distorsiuni, a metodei iterative cu caracter mai general, date pentru cadre etajate oarecare cu stîlpi axial deformabili de *D. Coșa* [II.19] (v. și [II.3], pct. 20.4).

Structura (fig. 8.12, *a*) are două categorii de grade de libertate:

— distorsiunile φ_j (fig. 8.12, *b*), cu deformațiile axiale ale montanților menținute blocate;

— deplasările pe verticală v_j ale nodurilor (fig. 8.12, *c*), cu menținerea distorsiunilor blocate.

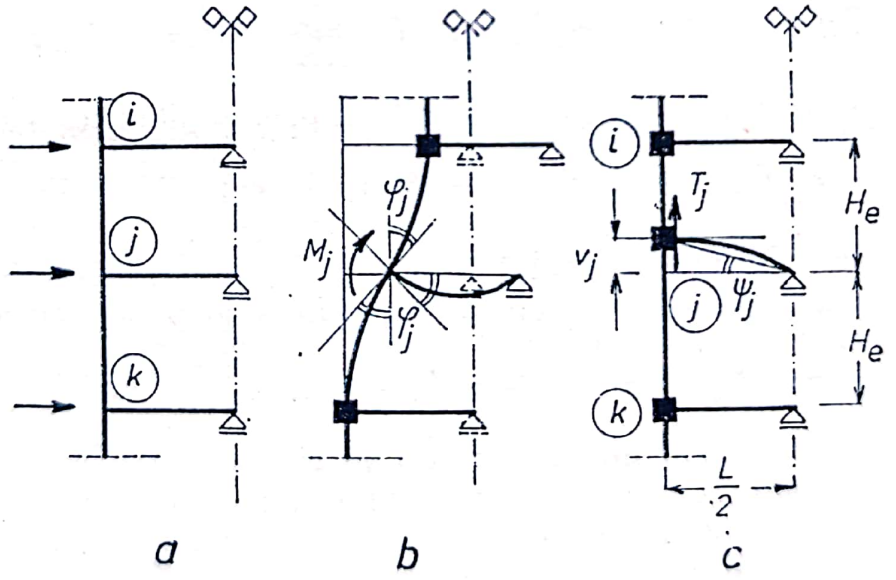


Fig. 8.12

Metoda [II.7, II.8] constă într-o iterație între aceste două tipuri de deplasări, alternînd relaxările de distorsiuni cu cele de deplasări pe verticală. Sub forma completă, calculul cuprinde deci următoarea succesiune de operații:

Scanned with OKEN Scanner

a) În prima etapă, se calculează momentele la capetele barelor, prin rezolvarea sistemului de ecuații (8.10), deci relaxînd numai distorsiunile și menținînd blocate deplasările verticale v_j.

b) Cu momentele M_j la capetele riglelor, astfel calculate, se determină reacțiunile $T_j = \pm 2\, M_j/L$ transmise de rigle montanților.

c) Se blochează distorsiunile și se relaxează deformațiile axiale ale montanților (gradele de libertate v_j de tipul din fig. 8.12, *c*), sub acțiunea forțelor T_j, devenite solicitări neechilibrate și pe care le vom nota în consecință în continuare cu $\bar{T}_j$.

d) Din deplasarea v_j a unui nod j, capetele de bare din jurul nodului se vor încărca cu forțele verticale T_{ji}, T_{jk}, T_{jj}, care echilibrează forța $\bar{T}_j$.

Rigiditățile barelor ji, jk, jj la deplasarea v_j sînt:

$K'_m = \dfrac{E_m A_m}{H_e}$ — rigiditatea la deformare axială a montanților ji, jk;

$K'_r = \dfrac{12 E_r I_r}{L^3}$ — rigiditatea la deformare prin încovoiere a riglei jj', ca bară dublu încastrată în nodurile cu rotiri blocate j, j'.

$$T_{ji} = T_{jk} = -K'_m v_j; \quad T_{jj} = -K'_r v_j.$$

La capetele opuse ale montanților:

$$T_{ij} = -T_{ji} = +K'_m v_j; \quad T_{kj} = -T_{jk} = +K'_m v_j.$$

Relațiile între eforturile și deplasările capetelor de bare vor fi deci:

$$T_{ji} = -K'_m (v_j - v_i); \; T_{jk} = -K'_m (v_j - v_k); \; T_{jj} = T_j - K'_r v_j.$$

Ecuația de echilibru la nodul j este: $T_{ji} + T_{jk} + T_{jj} = 0$. Înlocuind eforturile cu expresiile lor în funcție de deplasări și grupînd termenii, rezultă:

$$-v_i K'_m + v_j (2K'_m + K'_r) - v_k K'_m = \bar{T}_j. \tag{8.21}$$

Prin rezolvarea sistemului de ecuații (8.21) se găsesc valorile deplasărilor v_j. După cum se vede din fig. 8.11 și din relația (8.18), rotirile de bară $\psi_j = 2v_j/L$ generate de acestea reprezintă tocmai corecțiile la distorsiunile φ_j. Corespund pentru momentele M_j de la capetele riglelor corecțiile:

$$\Delta M_j = -K_r \frac{2 v_j}{L}. \tag{8.22}$$

d) Se blochează gradele de libertate v_j și se relaxează din nou distorsiunile, sub acțiunea momentelor neechilibrate ΔM_j.

Scanned with OKEN Scanner

e) Se repetă ciclul a—d pînă cînd corecțiile de la o etapă la alta devin neglijabile.

Față de acest procedeu, care reprezintă metoda iterativă generală dată în lucrarea [II.19], particularizată pentru cadre-scară, în operarea cu distorsiuni, o simplificare considerabilă a calculului, cu erori neînsemnate, se obține dacă în etapa (c) se neglijează rigiditățile riglelor (K'_r), care sînt mici în raport cu cele la deformare axială ale montanților (K'_m). Fiecare montant devine astfel în etapa respectivă static determinat, reducîndu-se la o consolă verticală (fig. 8.13), încărcată cu forțele $\bar{T}_j$. Prin cumularea acestora de sus în jos se obțin eforturile axiale N_{jk} pentru fiecare etaj jk.

Fig. 8.13

Se poate atunci stabili o relație directă de recurență între momentele dintr-o etapă oarecare (m) a iterației și cele din etapa următoare ($m+1$):

— În treapta (m) a iterației, la începutul etapei (c) a calculului, sînt cunoscute momentele la capetele riglelor, rezultate din etapa (b). La capătul unei rigle curente (j) momentul este $M_j^{(m)}$, căruia îi corespunde o reacțiune verticală transmisă montantului: $\bar{T}_j^{(m)} = 2\,M_j^{(m)}/L$.

— Efortul axial în montant, la un alt nivel curent (s), se obține prin însumarea reacțiunilor $\bar{T}_j^{(m)}$ transmise de riglele de la nivelurile $s-n$:

$$N_s^{(m)} = \sum_s^n \bar{T}_j^{(m)} = \frac{2}{L} \sum_s^n M_j^{(m)}.$$

— Deformația axială a montantului, pe înălțimea H_e a etajului $s-1,s$, este:

$$v_{s-1,\,s}^{(m)} = \frac{N_s^{(m)} H_e}{E_m A_m} = \frac{2 H_e}{E_m A_m L} \sum_s^n M_j^{(m)}.$$

— Deplasarea totală pe verticală a nodului s rezultă prin cumularea deformațiilor axiale de etaj, de la bază pînă la nivelul nodului s:

$$v_s^{(m)} = \sum_1^s v_{s-1,\,s}^{(m)} = \frac{2 H_e}{E_m A_m L} \sum_1^s \sum_s^n M_j^{(m)} =$$

$$= \frac{2 H_e}{E_m A_m L} \left[\sum_1^n M_j^{(m)} + \sum_2^n M_j^{(m)} + \ldots + \sum_s^n M_j^{(m)} \right] =$$

$$= \frac{2 H_e}{E_m A_m L} \left[M_1^{(m)} + 2M_2^{(m)} + 3M_3^{(m)} + \ldots + sM_s^{(m)} + n \sum_s^n M_j^{(m)} \right] =$$

$$= \frac{2 H_e}{E_m A_m L} \left[\sum_1^{s-1} jM_j^{(m)} + s \sum_s^n M_j^{(m)} \right].$$

Scanned with OKEN Scanner

— Expresia corecției $\Delta M_s^{(m)}$ la momentul de la capătul riglei s este (8.22):

$$\Delta M_s^{(m)} = -K_r \frac{2v_s^{(m)}}{L} = -\lambda K_m \frac{2v_s^{(m)}}{L} =$$

$$= -\lambda \frac{E_m I_m}{H_e} \cdot \frac{4 H_e}{E_m A_m L^2} \left[\sum_1^{s-1} j M_j^{(m)} + s \sum_s^n M_j^{(m)} \right] =$$

$$= -\lambda \frac{4 I_m}{A_m L^2} \left[\sum_1^{s-1} j M_s^{(m)} + s \sum_s^n M_j^{(m)} \right].$$

— Corecția de moment $\Delta M_s^{(m)}$ reprezintă momentul de încastrare perfectă la capătul riglei (s), cu care se intră în treapta următoare ($m + 1$) a iterației. Deci se poate nota: $\Delta M_s^{(m)} = \overline{M}_s^{(m+1)}$. De asemenea, din relația (8.17):

$$\frac{4 I_m}{A_m L^2} = \gamma - 1.$$

Cu aceste transformări, relația de recurență căutată devine:

$$\overline{M}_s^{(m)} = -\lambda (\gamma - 1) \left[\sum_1^{s-1} j M_j^{(m)} + s \sum_s^n M_j^{(m)} \right]. \qquad (8.23)$$

Se observă că și sub această formă a calculului, rezultatele sînt funcție tot de parametrii λ și γ. Relația (8.23) a stat la baza elaborării programului cu care s-au calculat coeficienții din tabelele date în prezenta lucrare.

8.4. Alcătuirea și utilizarea tabelelor

Tabelele 1—9 cuprind coeficienți pentru calculul momentelor în diafragmele simetrice cu un șir de goluri în axă, cu $n = 3 \ldots 11$ niveluri. Coeficienții sînt dați pentru încărcări orizontale distribuite pe înălțimea diafragmei uniform (acțiunea vîntului) și triunghiular cu baza la extremitatea superioară (acțiuni seismice).

8.4.1. Notații (fig. 8.14)

a) Pentru diafragmă (recapitulare a notațiilor care intervin la utilizarea tabelelor):

n — numărul de niveluri;
H_e — înălțimea unui etaj;
$H = n H_e$ — înălțimea totală a diafragmei;

Scanned with OKEN Scanner

$\lambda = \frac{K_r}{K_m}$ — raportul între rigiditățile la distorsiune ale riglelor [formula (8.15)] și cele ale montanților [formula (8.5)];

$\gamma = 1 + \frac{4 I_m}{A_m L^2}$ — coeficient care introduce efectul deformabilității axiale a montanților [formula (8.17)];

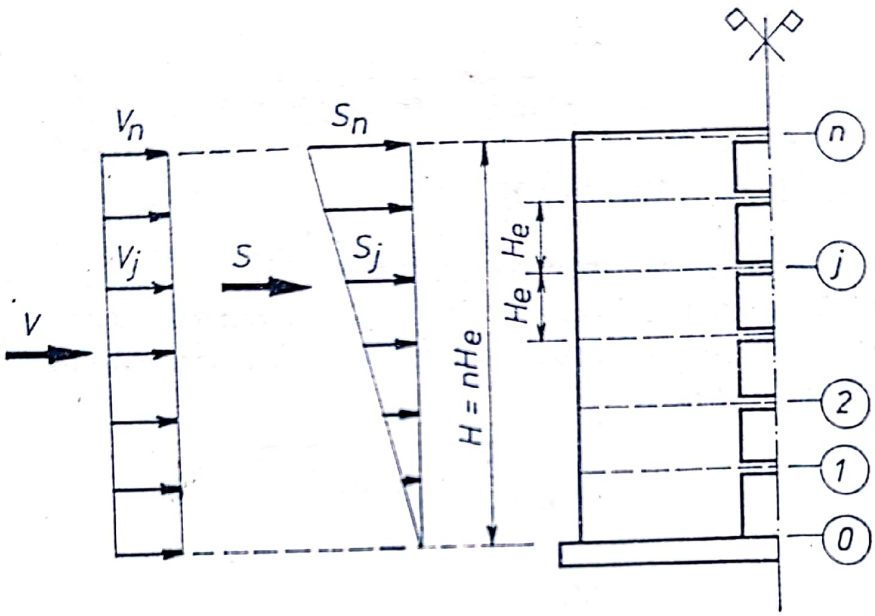


Fig. 8.14

M_{ji}, M_{jk} — momentele în montanți, deasupra și dedesubtul nodului j;

M_j — momentul la capătul riglei jj'.

b) Pentru încărcările orizontale din acțiunea vîntului:

V — rezultanta încărcărilor orizontale pentru toată diafragma;

$V_j = V/n$ — forța concentrată în dreptul nodului curent j;

$q_v = \frac{V}{H} = \frac{V_j}{H_e}$ — intensitatea încărcării distribuite echivalente forțelor concentrate V_j.

c) Pentru încărcările orizontale seismice:

S — rezultanta încărcărilor orizontale pentru toată diafragma;

S_j — forța concentrată în dreptul nodului curent j ($S_j = j\,S_1$);

$S_n = n\,S_1$ — forța concentrată maximă, la nivelul nodului n;

$q_s = \frac{S_n}{H_e}$ — intensitatea încărcării distribuite echivalente forței concentrate S_n.

Scanned with OKEN Scanner

Din fig. 8.14:

$$S = S_1 + S_2 + \ldots + S_j + \ldots + S_n = S_1(1 + 2 + \ldots + j + \ldots + n) = \frac{n(n+1)}{2} S_1$$

de unde:

$$S_1 = \frac{2S}{n(n+1)}; \quad S_n = nS_1 = \frac{2S}{n+1}$$

$$q_s = \frac{S_n}{H_e} = \frac{2S}{(n+1)H_e} = \frac{2nS}{(n+1)H} \tag{8.24}$$

8.4.2. Utilizarea tabelelor

În tabele se intră cu valorile parametrilor λ și γ și se găsesc coeficienții m_v (pentru încărcarea produsă de vînt) și m_s (pentru încărcarea seismică), cu care momentele în montanți, deasupra și dedesubtul fiecărei rigle jj', se calculează cu formulele:

$$\boxed{\begin{aligned} M_{jk\,(ji)} &= m_v \frac{q_v H^2}{100} \\ M_{jk\,(ji)} &= m_s \frac{q_s H^2}{100} \end{aligned}} \tag{8.25}$$

Semnele coeficienților m_v, m_s din tabele corespund convenției de semne adoptate, cu momentele „pe nod" pozitive în sens orar.

Din alcătuirea tabelelor se observă avantajul practic pe care îl prezintă folosirea parametrului γ pentru caracterizarea influenței deformațiilor axiale ale montanților. Unei game largi de variație a rapoartelor între dimensiunile plinurilor și golurilor diafragmei îi corespunde o variație în limite restrînse a coeficientului γ ($\gamma = 1{,}0 \ldots 1{,}2$), ceea ce ușurează atît întabularea cît și interpolările la citirile în tabele.

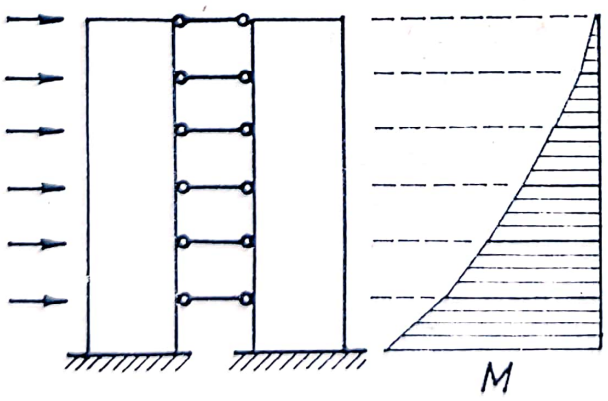


Fig. 8.15

Cu ajutorul acelorași tabele pot fi determinate și momentele în diafragme pline, folosind coloanele $\lambda = 0$. Cînd $\lambda = 0$ ($K_r = 0$), o diafragmă simetrică (fig. 8.15) se reduce la două diafragme pline legate între ele prin rigle pendulare și preluînd fiecare cîte 1/2 din încărcarea orizontală. În

Scanned with OKEN Scanner

consecință, în cazul unei diafragme pline care preia întreaga încărcare, sînt valabili coeficienții din tabele din coloanele $\lambda = 0$, multiplicați cu 2.

Exemplul de calcul 1. Diafragmă plină.

Se determină momentele încovoietoare și forțele tăietoare pentru diafragma cu 9 niveluri din fig. 8.16, la o încărcare seismică totală $S = 140$ kN.

Diafragma fiind plină, deci static determinată (consolă), nu intervin în calculul eforturilor caracteristicile geometrice și de material ale secțiunii.

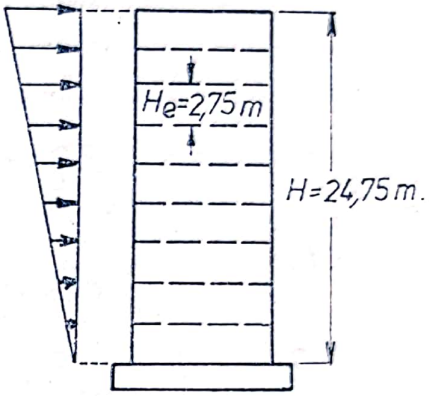


Fig. 8.16

Încărcarea distribuită echivalentă la ultimul nivel q_s este (8.24):

$$q_s = \frac{2\,n\,S}{(n+1)\,H} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 140}{(9+1)\,24{,}75} = 10{,}2 \text{ kN/m}.$$

Momentele se calculează cu formula (8.25), folosind coeficienții m_s din tabelul 7, multiplicați cu 2:

$$M_{jk\,(jt)} = \frac{q_s H^2}{100}\,2\,m_s = \frac{10{,}2 \cdot 24{,}75^2}{100}\,2\,m_s = 125 m_s$$

$M_{01} = +\,125 \cdot 19{,}6 = +\,2\,450$ kNm;
$M_{10} = -\,M_{12} = +\,125 \cdot 16{,}5 = +\,2\,063$ kNm;
$M_{21} = -\,M_{23} = +\,125 \cdot 13{,}5 = +\,1\,687$ kNm;
$M_{32} = -\,M_{34} = +\,125 \cdot 10{,}6 = +\,1\,325$ kNm;
$M_{43} = -\,M_{45} = +\,125 \cdot 7{,}89 = +\,986$ kNm;
$M_{54} = -\,M_{56} = +\,125 \cdot 5{,}49 = +\,686$ kNm;
$M_{65} = -\,M_{67} = +\,125 \cdot 3{,}43 = +\,429$ kNm;
$M_{76} = -\,M_{78} = +\,125 \cdot 1{,}78 = +\,223$ kNm;
$M_{87} = -\,M_{89} = +\,125 \cdot 0{,}62 = +\,78$ kNm;
$M_{98} = 0$.

Diagrama de momente este dată în fig. 8.17, *a*, iar diagrama forțelor tăietoare în fig. 8.17, *b*. Forțele tăietoare s-au dedus din momentele încovoietoare:

$$Q_{01} = \frac{M_{01} - M_{10}}{H_e} = \frac{2\,450 - 2\,063}{2{,}75} = 140 \text{ kN etc.}$$

Este evident că în acest caz simplu, utilizarea tabelelor nu este indispensabilă, eforturile putîndu-se calcula și direct, ca pentru o consolă verticală încărcată cu forțe orizontale distribuite triunghiular pe înălțime.

Scanned with OKEN Scanner

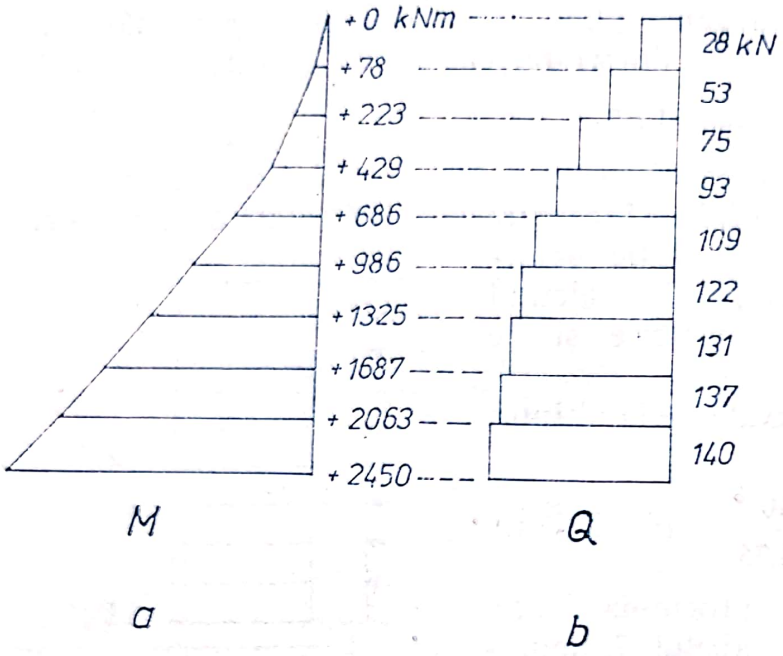


Fig. 8.17

Exemplul de calcul 2. Diafragmă simetrică, cu un șir de goluri în axă.

Se determină momentele încovoietoare pentru diafragma cu 7 niveluri din fig. 8.18, la o încărcare seismică orizontală totală $S = 200$ kN.

Planșeele sînt alcătuite din dale prefabricate, simplu rezemate pe diafragme. Modulul de elasticitate convențional pentru rigle: $E_r = 0{,}25\ E_m$.

a) *Date pentru montanți*

Secțiunea activă la compresiune excentrică:

$$A_m = 0{,}20 \cdot 2{,}50 + 0{,}40 \cdot 0{,}50 = 0{,}70\ \text{m}^2.$$

Poziția centrului de greutate al secțiunii:

$$x_G = \frac{0{,}20 \cdot 2{,}50 \left(\frac{2{,}50}{2} + 0{,}40\right) + 0{,}40 \cdot 0{,}50\ \frac{0{,}40}{2}}{0{,}70} = 1{,}24\ \text{m}.$$

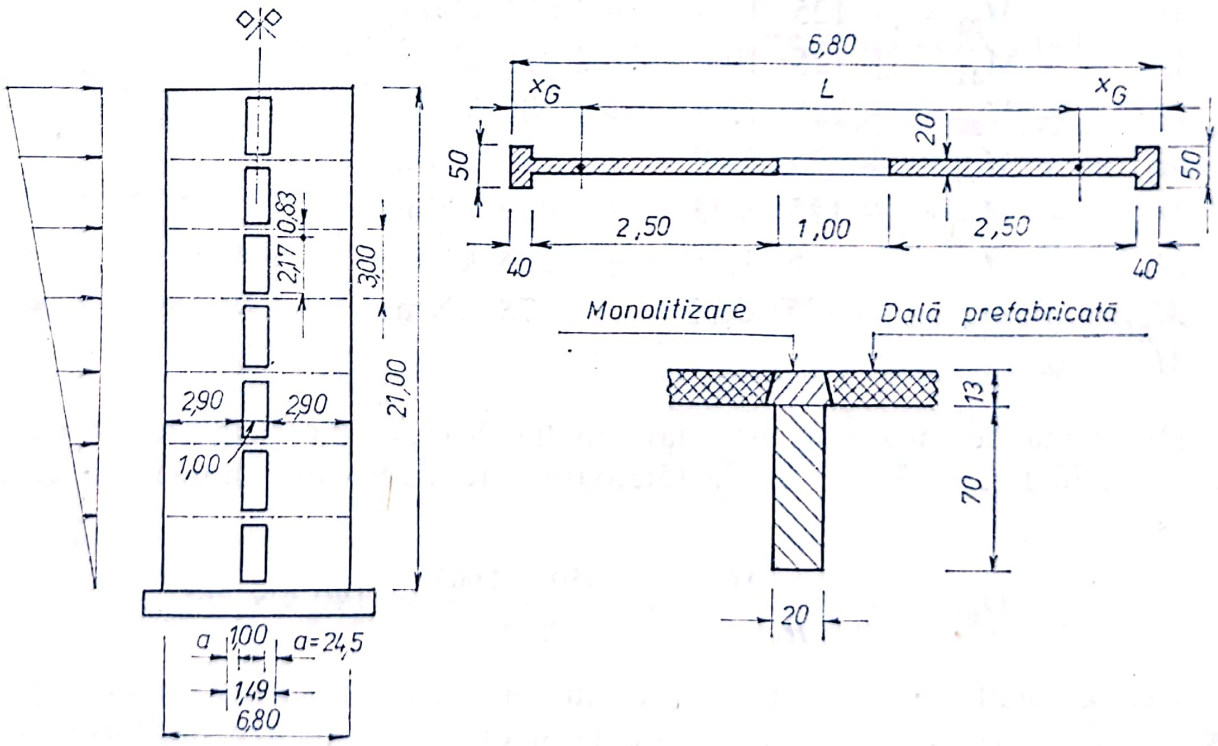


Fig. 8.18

Scanned with OKEN Scanner

Momentul de inerție:

$$I_m = \frac{0{,}50 \cdot 0{,}40^3}{12} + 0{,}50 \cdot 0{,}40\,(1{,}24 - 0{,}20)^2 + \frac{0{,}20 \cdot 2{,}50^3}{12} +$$

$$+ 0{,}20 \cdot 2{,}50 \left(\frac{2{,}50}{2} + 0{,}40 - 1{,}24\right)^3 = 0{,}563 \text{ m}^4$$

Rigiditatea (8.5):

$$K_m = \frac{E_m I_m}{H_e} = \frac{0{,}563\, E_m}{3{,}00} = 0{,}188 E_m.$$

b) *Date pentru rigle*

$$L = 6{,}80 - 2 \cdot 1{,}24 = 4{,}32 \text{ m}; \quad l_0 = 1{,}00 \text{ m}.$$

Cu formula (5.1):

$a = 0{,}35\, h_r = 0{,}35 \cdot 0{,}70 = 0{,}245 \text{ m} < 0{,}40 \text{ m}.$

$l = 1{,}00 + 2 \cdot 0{,}245 = 1{,}49 \text{ m}.$

Placa nu conlucrează cu rigla, a cărei secțiune activă este deci dreptunghiulară.

$$I_r = \frac{0{,}20 \cdot 0{,}70^3}{12} = 0{,}0057 \text{ m}^4.$$

Cu formula (5.3), pentru secțiuni dreptunghiulare:

$$A_{rt} = \frac{0{,}20 \cdot 0{,}70}{1{,}2} = 0{,}117 \text{ m}^2.$$

Cu formula (8.16):

$$\mu = \frac{1}{1 + \dfrac{30 \cdot 0{,}0057}{0{,}117 \cdot 1{,}49^2}} = 0{,}603.$$

Rigiditatea (8.15):

$$K_r = \frac{6 \cdot 0{,}0057\, E_r}{4{,}32} \left(\frac{4{,}32}{1{,}49}\right)^3 0{,}603 = 0{,}116\ E_r = 0{,}116 \cdot 0{,}25\ E_m = 0{,}029\, E_m.$$

c) *Momente încovoietoare*

În tabele se intră cu: $\lambda = \dfrac{0{,}029}{0{,}188} = 0{,}154$ și $\gamma = 1 + \dfrac{4 \cdot 0{,}563}{0{,}70 \cdot 4{,}32^2} = 1{,}17.$

Scanned with OKEN Scanner

Momentele în montanți (8.25): $M_{jk\,(ji)} = \frac{q_s H^2}{100} m_s$, unde: $q_s = \frac{2nS}{(n+1)H} =$

$$= \frac{2 \cdot 7 \cdot 200}{(7+1)\,21} = 16{,}70 \text{ kN/m}.$$

$$M_{jk\,(ji)} = \frac{16{,}70 \cdot 21^2}{100} m_s = 73{,}65\ m_s.$$

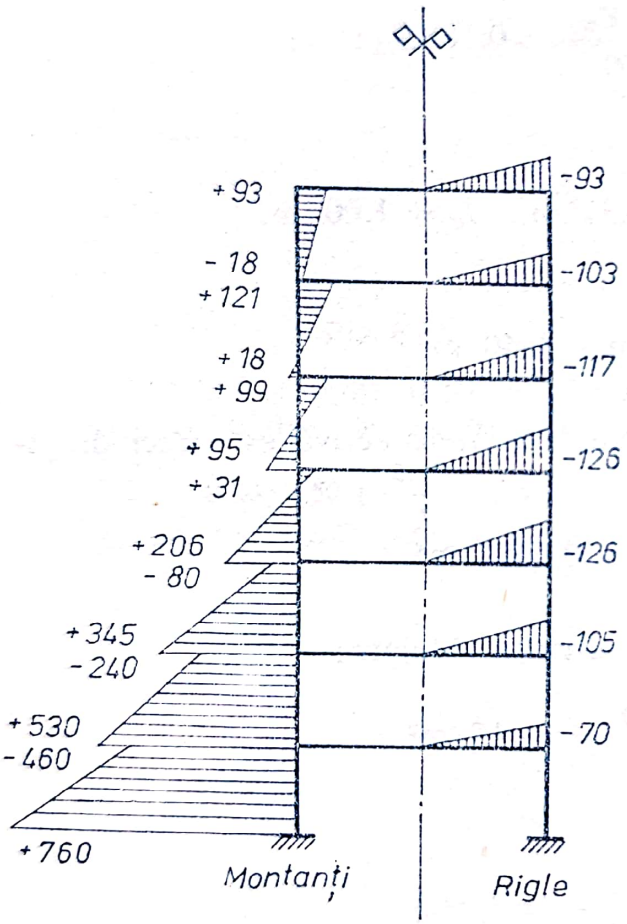


Fig. 8.19

Cu coeficienții m_s din tabelul 5, rezultă:

$M_{01} = +73{,}65 \cdot 10{,}32 = +760$ kNm;
$M_{10} = -73{,}65 \cdot 6{,}24 = -460$ kNm;
$M_{12} = +73{,}65 \cdot 7{,}20 = +530$ kNm;
$M_{21} = -73{,}65 \cdot 3{,}26 = -240$ kNm;
$M_{23} = +73{,}65 \cdot 4{,}68 = +345$ kNm;
$M_{32} = -73{,}65 \cdot 1{,}09 = -80$ kNm;
$M_{34} = +73{,}65 \cdot 2{,}79 = +206$ kNm;
$M_{43} = +73{,}65 \cdot 0{,}42 = +31$ kNm;
$M_{45} = +73{,}65 \cdot 1{,}29 = +95$ kNm;
$M_{54} = +73{,}65 \cdot 1{,}24 = +99$ kNm;
$M_{56} = +73{,}65 \cdot 0{,}25 = +18$ kNm;
$M_{65} = +73{,}65 \cdot 1{,}64 = +121$ kNm;
$M_{67} = -73{,}65 \cdot 0{,}24 = -18$ kNm;
$M_{76} = +73{,}65 \cdot 1{,}21 = +93$ kNm.

Din echilibrul nodurilor rezultă momentele la capetele riglelor. În fig. 8.19 este reprezentată diagrama de momente.

8.5. Diafragme nesimetrice sau cu mai multe șiruri de goluri

Tabelele 1—9 sînt întocmite pentru diafragme-scară (simetrice cu un singur șir de goluri în axă). Pentru a le putea utiliza și la diafragme nesimetrice sau cu mai multe șiruri de goluri, acestora li se substituie în calcul diafragme-scară înlocuitoare, după procedeul arătat la pct. 7.1.1 (fig. 7.5).

Scanned with OKEN Scanner

8.5.1. Diafragme nesimetrice cu un șir de goluri

Se folosesc pentru cei doi montanți inegali notațiile suplimentare (fig. 8.20):

A_{m1}, A_{m2}, I_{m1}, I_{m2} — ariile și momentele de inerție ale secțiunilor active ale montanților;

x_{G1}, x'_{G2} — abscisele centrelor de greutate ale ariilor A_{m1}, A_{m2} în raport cu marginile secțiunii diafragmei.

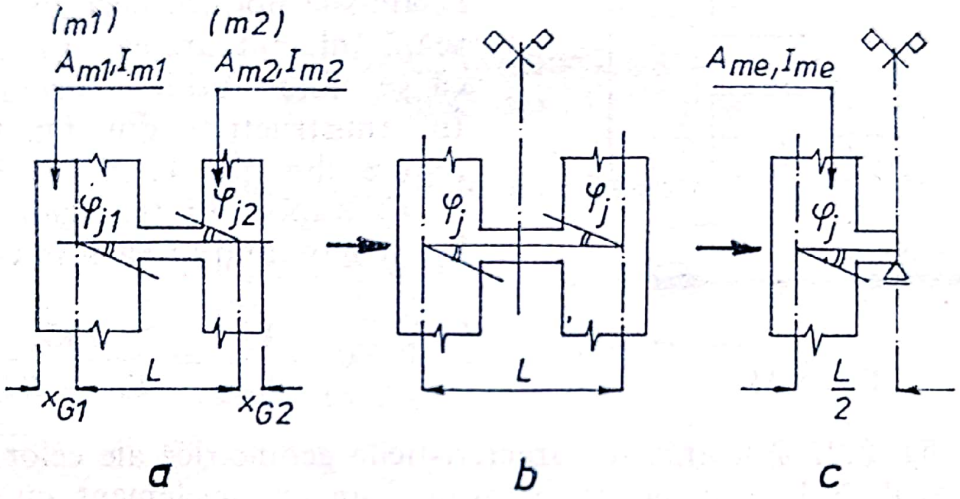


Fig. 8.20

La pct. 7.1.1 s-a arătat că utilizarea diafragmei înlocuitoare presupune admisă aproximația că la capetele fiecărei rigle jj' rotirile nodurilor j și j' sînt egale. Rămîne atunci la nivelul fiecărei rigle cîte o singură rotire de nod necunoscută φ_j, deci în locul celor două ecuații de echilibru al momentelor în jurul nodurilor j,j' se poate scrie o singură ecuație, reprezentînd suma lor.

Sistemul fiind redus la o formă simetrică, se poate reduce în continuare la semistructura din fig. 8.20, *c*, pentru ale cărei bare vom utiliza notații cu indicele *e*. Pentru semistructură:

a) Momentul de inerție al montantului va fi:

$$I_{me} = \frac{1}{2}(I_{m1} + I_{m2}) \tag{8.26}$$

iar rigiditatea la distorsiune:

$$K_{me} = \frac{K_{m1} + K_{m2}}{2} = \frac{E_m I_{me}}{H_e}. \tag{8.27}$$

b) Cu privire la rigiditatea riglei, este de observat că în cazul de față (fig. 8.21) zonele marginale considerate cu $I = \infty$ sînt de lungimi inegale

Scanned with OKEN Scanner

și deci rigiditățile K_{r1}, K_{r2} la cele două capete sînt diferite și nu se mai pot calcula cu expresia (8.15) [II.37, II.50]. Se demonstrează însă [II.37] că suma lor este aceeași cu cea din cazul unei rigle simetrice cu același raport $\frac{l}{L}$: $K_{r1} + K_{r2} = 2\,K_r$, unde K_r se calculează ca pentru o riglă simetrică, folosind formula (8.15).

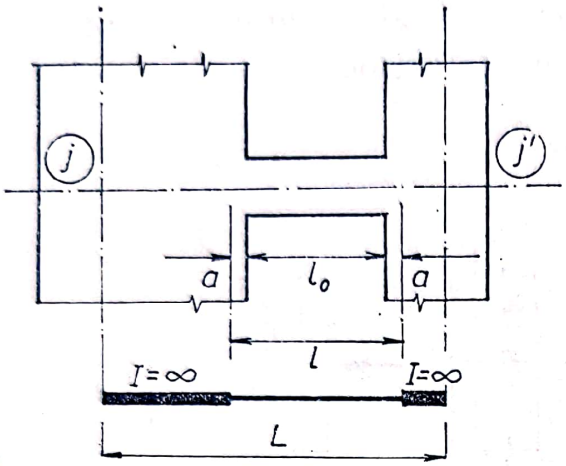


Fig. 8.21

Scriind suma ecuațiilor de echilibru al momentelor în jurul celor două noduri j,j', rigiditatea riglei intervine la ambele noduri, deci în diafragma-scară înlocuitoare ea va fi $2K_r$, astfel că se poate utiliza formula (8.15). În semistructura din fig. 8.20, c se reduce din nou la $K_{re} = K_r$.

c) Raportul între rigiditățile riglelor și montanților va fi în consecință:

$$\lambda = \frac{K_{re}}{K_{me}} = \frac{2\,K_r}{K_{m_1} + K_{m_2}}. \qquad (8.28)$$

d) În fig. 8.22 sînt arătate caracteristicile geometrice ale celor doi montanți în cazul cînd se consideră ca formînd un singur element, cu momentul de inerție global I_0. O este centrul de greutate al ansamblului format de montanții m_1 și m_2.

$$c_1 = \frac{A_{m_2}}{A_{m_1}+A_{m_2}} L; \quad c_2 = \frac{A_{m_1}}{A_{m_1}+A_{m_2}} L$$

$$I_0 = A_{m_1} c_1^2 + A_{m_2} c_2^2 + I_{m_1} + I_{m_2}.$$

Se observă că:

$$A_{m_1} c_1^2 + A_{m_2} c_2^2 =$$

$$\frac{A_{m_1} A_{m_2}^2 + A_{m_2} A_{m_1}^2}{(A_{m_1} + A_{m_2})^2} L^2 =$$

$$= \frac{A_{m_1} A_{m_2} (A_{m_1} + A_{m_2})}{(A_{m_1} + A_{m_2})^2} L^2 =$$

$$= \frac{A_{m_1} A_{m_2}}{A_{m_1} + A_{m_2}} L^2 = \frac{L^2}{\frac{1}{A_{m_1}} + \frac{1}{A_{m_2}}}$$

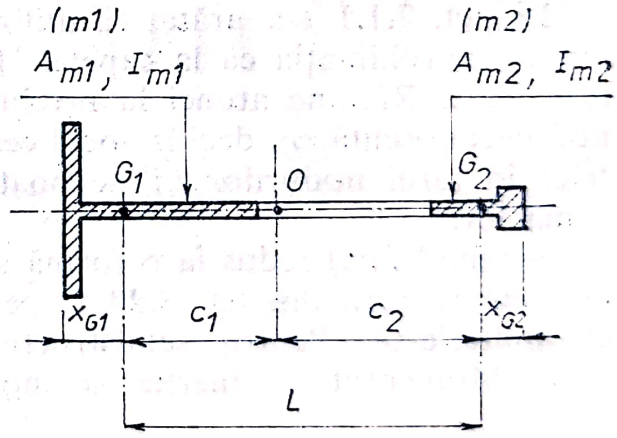


Fig. 8.22

$$I_0 = \frac{L^2}{\frac{1}{A_{m_1}} + \frac{1}{A_{m_2}}} + I_{m_1} + I_{m_2} = \frac{L^2}{\frac{1}{A_{m_1}} + \frac{1}{A_{m_2}}} \left[1 + \frac{I_{m_1} + I_{m_2}}{L^2} \left(\frac{1}{A_{m_1}} + \frac{1}{A_{m_2}}\right)\right]$$

Scanned with OKEN Scanner

sau:

$$I_0 = \frac{L^2}{\dfrac{1}{A_{m1}} + \dfrac{1}{A_{m2}}}\gamma \tag{8.29}$$

unde s-a notat:

$$\boxed{\gamma = 1 + \frac{I_{m1} + I_{m2}}{L^2}\left(\frac{1}{A_{m1}} + \frac{1}{A_{m2}}\right).} \tag{8.30}$$

Expresia (8.30) generalizează pentru diafragme cu montanți inegali expresia (8.17), care poate fi dedusă din (8.30) prin particularizare, punînd $I_{m1} = I_{m2}$, $A_{m1} = A_{m2}$.

Cu mărimile și notațiile definite mai înainte, tabelele se utilizează în modul următor:

— pentru o încărcare orizontală dată, se intră în tabele cu λ calculat cu (8.28) și γ calculat cu (8.30);

— momentele M_{me} în montanții semistructurii înlocuitoare se determină tot cu formulele (8.25):

$$M_{me} = \frac{q_v H^2}{100} m_v; \quad M_{me} = \frac{q_s H^2}{100} m_s;$$

— momentele astfel calculate se repartizează montanților diafragmei reale nesimetrice, proporțional cu rigiditățile lor:

$$M_{m1} = M_{me}\frac{K_{m1}}{K_{me}} = M_{me}\frac{I_{m1}}{I_{me}}; \quad M_{m2} = M_{me}\frac{K_{m2}}{K_{me}} = M_{me}\frac{I_{m2}}{I_{me}}; \tag{8.31}$$

— momentele la capetele riglelor se deduc din echiiibrul nodurilor, direct pe diafragma reală.

Exemplul de calcul 3. Diafragmă nesimetrică, cu un șir de goluri.

Se determină momentele încovoietoare pentru diafragma cu 9 niveluri din fig. 8.23, la o încărcare orizontală din acțiunea vîntului: $q_v = 4$ kN/m. Planșeele sînt monolite. $E_r/E_m = 0{,}25$.

a) *Date pentru montanți*

— Montantul 1:

$$b_p = 0{,}95 \text{ m}; \quad A_{m1} = 0{,}15(0{,}95 + 3{,}25) = 0{,}630 \text{ m}^2;$$

$$x_{G1} = \frac{0{,}15(0{,}80 \cdot 0{,}075 + 3{,}40 \cdot 1{,}70)}{0{,}630} = 1{,}39 \text{ m}$$

$$I_{m1} = \frac{0{,}15}{3}(1{,}39^3 + 2{,}01^3) + 0{,}15 \cdot 0{,}80\,(1{,}39 - 0{,}075)^2 = 0{,}746 \text{ m}^4.$$

Scanned with OKEN Scanner

— Montantul 2:

$$b_p = b + \Delta b_{st} + \Delta b_{dr}.$$

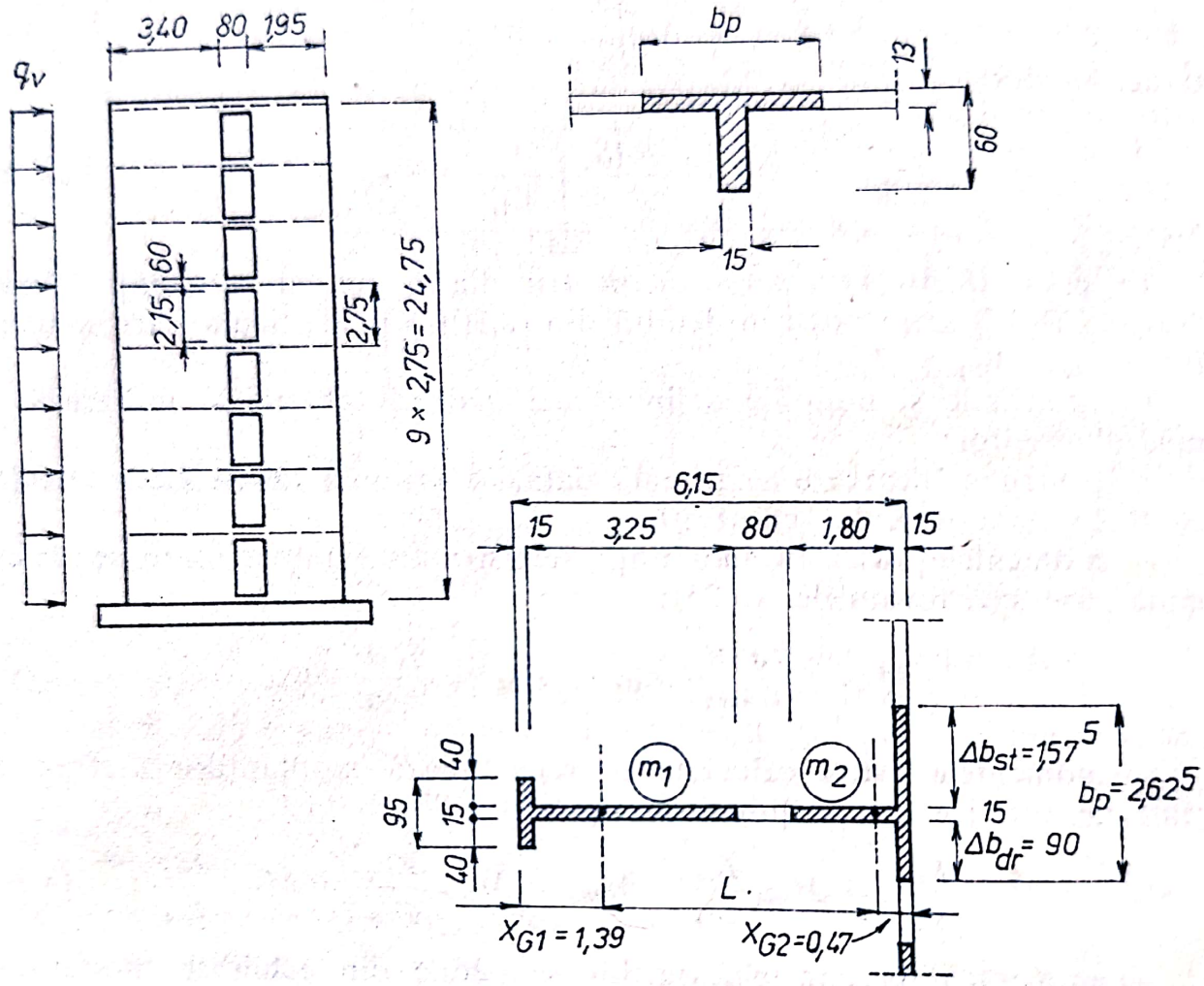


Fig. 8.23

Spre stînga, talpa este legată la capătul opus cu o altă diafragmă situată la distanța $l_{st} = 3{,}15$ m, iar spre dreapta este limitată de un gol de fereastră la distanța 0,90 m.

$$\Delta b_{st} = \frac{3{,}15}{2} = 1{,}575 \text{ m}; \quad \Delta b_{dr} = 0{,}90 \text{ m};$$

$$b_p = 0{,}15 + 1{,}575 + 0{,}90 = 2{,}625 \text{ m}.$$

Sînt respectate condițiile:

$$b_p \leqslant \frac{H}{5} = \frac{24{,}75}{5} = 4{,}95 \text{ m}; \quad b_p \leqslant h = 6{,}15 \text{ m}.$$

$$A_{m_2} = 0{,}15\,(1{,}80 + 2{,}625) = 0{,}663 \text{ m}^2;$$

Scanned with OKEN Scanner

$$x'_{G2} = \frac{0{,}15\,(1{,}80 \cdot 1{,}05 + 2{,}625 \cdot 0{,}075)}{0{,}663} = 0{,}47 \text{ m}.$$

$$I_{m2} = \frac{0{,}15}{3}(0{,}47^3 + 1{,}48^3) + 0{,}15 \cdot 2{,}475(0{,}47 - 0{,}075)^2 = 0{,}225 \text{ m}^4.$$

b) *Date pentru rigle*

$L = 6{,}15 - (1{,}39 + 0{,}47) = 4{,}29$ m;

$l_0 = 0{,}80$ m; $a = 0{,}35 \cdot 0{,}60 = 0{,}21 < 0{,}40$ m;

$l = 0{,}80 + 2 \cdot 0{,}21 = 1{,}22$ m;

$\Delta b_{st} = \Delta b_{dr} = 0{,}15\, l_0 = 0{,}15 \cdot 0{,}80 = 0{,}12$ m $\leqslant h_r = 0{,}60$ m.

$b_p = b + \Delta b_{st} + \Delta b_{dr} = 0{,}15 + 2 \cdot 0{,}12 = 0{,}39$ m.

Din tabelul 22, pentru $b_p/b = 0{,}39/0{,}15 = 2{,}6$ și $h_p/h_r = 0{,}13/0{,}60 = 0{,}217$, se găsește $c = 1{,}446$.

$$I_r = 1{,}446\,\frac{0{,}15 \cdot 0{,}60^3}{12} = 0{,}00390 \text{ m}^4.$$

Cu formula (5.3), pentru secțiuni în formă de T:

$$A_{rt} = \frac{0{,}15 \cdot 0{,}60}{1{,}1} = 0{,}082 \text{ m}^2$$

$$\mu = \frac{1}{1 + \dfrac{30\, I_{r2}}{A_{rt}\, l^2}} = \frac{1}{1 + \dfrac{30 \cdot 0{,}00390}{0{,}082\,(1{,}22)^2}} = 0{,}510$$

$$K_r = \frac{6\, E_r\, I_r}{L}\left(\frac{L}{l}\right)^3 \mu = \frac{6 \cdot 0{,}25\, E_m \cdot 0{,}00390}{4{,}29}\left(\frac{4{,}29}{1{,}22}\right)^3 0{,}510 = 0{,}030\, E_m.$$

c) *Caracteristicile semistructurii înlocuitoare*

$$I_{me} = \frac{I_{m1} + I_{m2}}{2} = \frac{0{,}746 + 0{,}225}{2} = 0{,}485 \text{ m}^4$$

$$K_{me} = \frac{0{,}485\, E_m}{2{,}75} = 0{,}176\, E_m; \quad K_{re} = K_r = 0{,}030\, E_m$$

$$\lambda = \frac{K_{re}}{K_{me}} = \frac{0{,}030\, E_m}{0{,}176\, E_m} = 0{,}170.$$

Cu formula (8.30):

$$\gamma = 1 + \frac{I_{m1} + I_{m2}}{L^2}\left(\frac{1}{A_{m1}} + \frac{1}{A_{m2}}\right) = 1 + \frac{0{,}746 + 0{,}225}{4{,}29^2}\left(\frac{1}{0{,}630} + \frac{1}{0{,}663}\right) = 1{,}163.$$

Scanned with OKEN Scanner

d) *Momente în montanți* (8.31)

$$M_{me} = m_v \frac{q_v H^2}{100} = m_v \frac{4 \cdot 24{,}75^2}{100} = 24{,}50\, m_v;$$

$$M_{m1} = M_{me} \frac{I_{m1}}{I_{me}} = 24{,}50\, m_v \frac{0{,}746}{0{,}485} = 37{,}68\, m_v;$$

$$M_{m2} = M_{me} \frac{I_{m2}}{I_{me}} = 24{,}50\, m_v \frac{0{,}225}{0{,}485} = 11{,}37\, m_v.$$

Secțiunea	m_v (din tabelul 7)	$M_{m1}=37{,}68\ m_v$ (kNm)	$M_{m2}=11{,}37 m_v$ (kNm)
0—1	+12,96	+489,0	+146,0
1—0	−7,38	−278,4	−83,2
1—2	+8,64	+326,0	+97,4
2—1	−3,71	−140,0	−41,8
2—3	+5,61	+211,6	+63,2
3—2	−1,26	−47,6	−14,2
3—4	+3,42	+129,0	+38,5
4—3	+0,28	+10,6	+3,2
4—5	+1,83	+69,0	+20,6
5—4	+1,26	+47,4	+14,2
5—6	+0,71	+26,8	+8,0
6—5	+1,76	+66,4	+19,8
6—7	−0,06	−2,3	−0,7
7—6	+1,90	+71,6	+21,4
7—8	−0,44	−16,6	−5,0
8—7	+1,67	+63,0	+19,0
8—9	−0,45	−16,9	−5,1
9—8	+1,07	+40,3	+12,1

e) *Momentele în rigle* rezultă din echilibrul nodurilor

În fig. 8.24 este reprezentată diagrama de momente pentru montantul *2* și pentru rigle.

Scanned with OKEN Scanner

8.5.2. Diafragme nesimetrice cu un şir de goluri situat în apropierea unei margini

Cînd şirul de goluri este situat într-o poziţie pronunţat nesimetrică, în apropierea uneia din marginile diafragmei (fig.8. 25, *a*), rigiditatea montantului dinspre marginea respectivă poate deveni neglijabilă în raport cu a celuilalt montant. Schema de calcul a diafragmei capătă atunci forma din fig. 8.25, *b*, care poate fi considerată în continuare ca semistructura unei diafragme-scară simetrice ca în fig. 8.25, *c*, cu deschiderea golului $2\,l_0$.

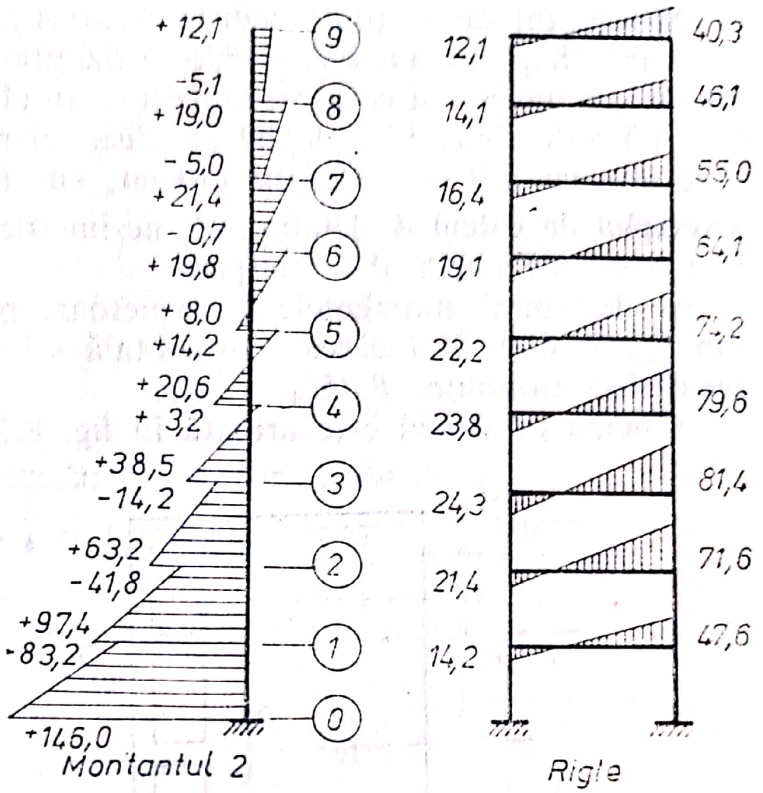


Fig. 8.24

Calculul momentelor din încărcări orizontale se poate deci efectua pe schema din fig. 8.25, *c*, utilizînd tabelele 1—9. Avînd în vedere că la

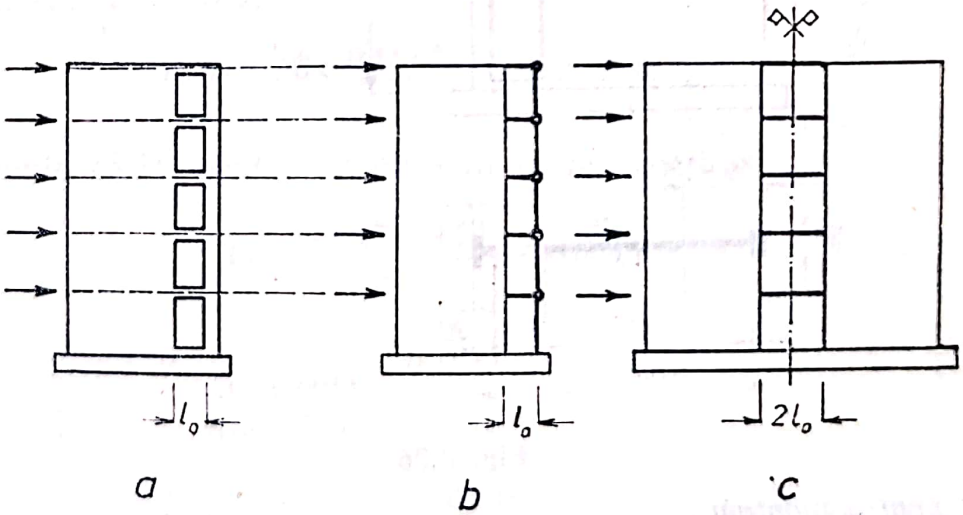


Fig. 8.25

diafragma din fig. 8.25, *b* momentele sînt preluate de un singur montant, coeficienţii m_v, m_s din tabele trebuie multiplicaţi cu 2, la fel cum s-a procedat şi în cazul diafragmei pline din exemplul 1.

Scanned with OKEN Scanner

Montantul de secțiune redusă a cărui rigiditate s-a neglijat în calcul participă la preluarea încărcărilor orizontale numai prin eforturile axiale cu care se încarcă și care rezultă prin cumularea pe verticală a reacțiunilor transmise de rigle. El îndeplinește deci un rol similar unui tirant vertical, care este cu atît mai eficient utilizat, cu cît riglele sînt mai rigide.

Exemplul de calcul 4. Diafragmă nesimetrică, cu un șir de goluri situat în apropierea uneia din margini.

Se determină momentele încovoietoare pentru diafragma cu 5 niveluri din fig. 8.26, la o încărcare orizontală seismică totală de 150 kN. Planșeele sînt monolite. $E_r/E_m = 0{,}25$.

Schema de calcul este arătată în fig. 8.27.

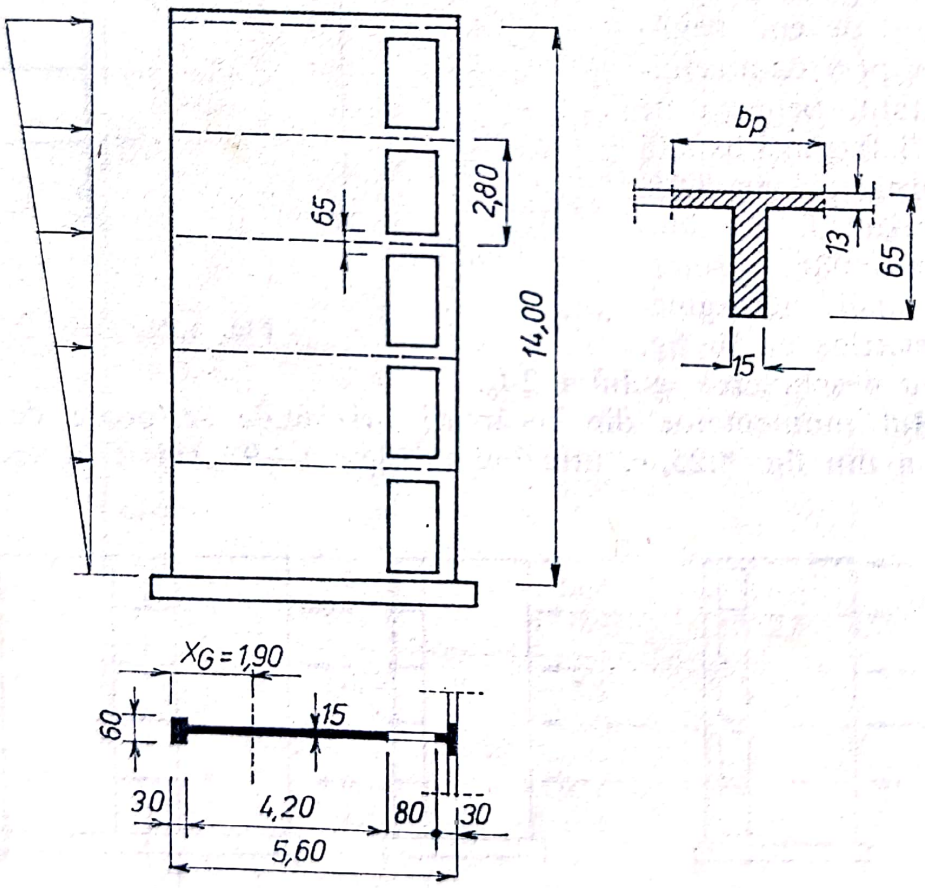


Fig. 8.26

a) *Date pentru montant*

$$A_m = 0{,}15 \cdot 4{,}20 + 0{,}30 \cdot 0{,}60 = 0{,}810 \text{ m}^2;$$

$$x_G = \frac{0{,}15 \cdot 4{,}20 \cdot 2{,}40 + 0{,}30 \cdot 0{,}60 \cdot 0{,}15}{0{,}810} = 1{,}90 \text{ m};$$

Scanned with OKEN Scanner

$$I_m = \frac{0{,}15}{3}(1{,}90^3 + 2{,}60^3) + \frac{0{,}45 \cdot 0{,}30^3}{12} + 0{,}45 \cdot 0{,}30(1{,}90 - 0{,}15)^2 =$$

$$= 1{,}636 \text{ m}^4;$$

$$K_m = \frac{1{,}636\, E_m}{2{,}80} = 0{,}583\, E_m.$$

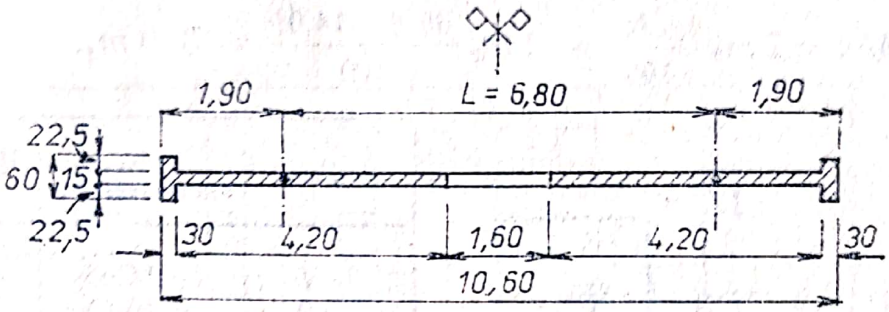


Fig. 8.27

b) *Date pentru riglă*

$L = 10{,}60 - 2 \cdot 1{,}90 = 6{,}80$ m; $l_0 = 1{,}60$ m;

$a = 0{,}35 \cdot 0{,}65 = 0{,}225$ m $< 0{,}40$ m; $l = 1{,}60 + 2 \cdot 0{,}225 = 2{,}05$ m.

Cu l_0 real: $b_p = 0{,}15 + 0{,}3 \cdot 0{,}80 = 0{,}39$ m.

Pentru $b_p/b = 0{,}39/0{,}15 = 2{,}6$ și $h_p/h_r = 0{,}15/0{,}65 = 0{,}230$, din tabelul 22 se găsește: $c = 1{,}495$.

$$I_r = 1{,}495 \frac{0{,}15 \cdot 0{,}65^3}{12} = 0{,}0051 \text{ m}^4.$$

Cu formula (5.3), pentru secțiuni în formă de T:

$$A_{rt} = \frac{0{,}15 \cdot 0{,}65}{1{,}1} = 0{,}089 \text{ m}^2$$

$$\mu = \frac{1}{1 + \dfrac{30\, I_r}{A_{rt}\, l^2}} = \frac{1}{\dfrac{30 \cdot 0{,}0051}{0{,}089 \cdot 2{,}05^2}} = 0{,}710;$$

$$K_r = \frac{6\, E_r\, I_r}{L}\left(\frac{L}{l}\right)^3 \mu = \frac{6 \cdot 0{,}25\, E_m \cdot 0{,}0051}{6{,}80}\left(\frac{6{,}80}{2{,}05}\right)^3 0{,}710 = 0{,}0292\, E_m.$$

c) *Momente încovoietoare în montant*

$$\lambda = \frac{K_r}{K_m} = \frac{0{,}0292\, E_m}{0{,}584\, E_m} = 0{,}050.$$

Scanned with OKEN Scanner

Cu formula (8.17):

$$\gamma = 1 + \frac{4\,I_m}{A_m\,L^2} = 1 + \frac{4 \cdot 1{,}636}{0{,}810\,(6{,}80)^2} = 1{,}175.$$

$$q_s = \frac{2\,n\,S}{(n+1)\,H} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 150}{(5+1)\,14{,}0} = 17{,}85 \text{ kN/m}.$$

$$M_m = 2\,m_s\,\frac{q_s\,H^2}{100} = 2\,m_s\,\frac{17{,}85 \cdot 14{,}0^2}{100} = 70{,}0\,m_s.$$

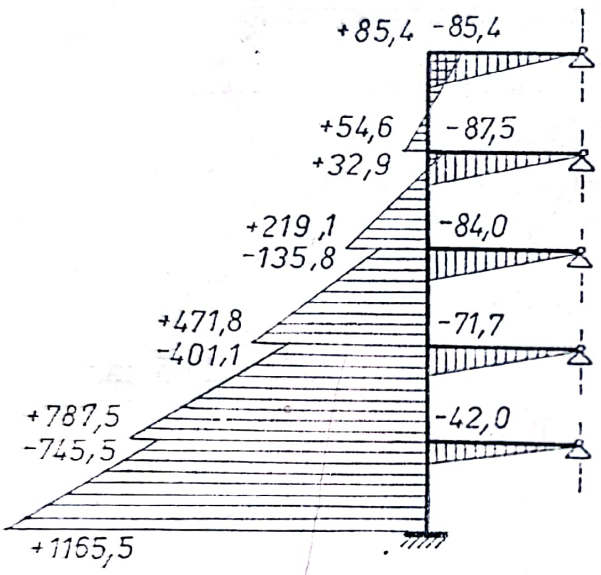


Fig. 8.28

Secțiunea	m_s din (tabelul 3)	$M_m = 70{,}0 m_s$ (k Nm)
0—1	+16,65	+1 165,5
1—0	−10,65	−745,5
1—2	+11,25	+787,5
2—1	−5,73	−401,1
2—3	+6,74	+471,8
3—2	−1,94	−135,8
3—4	+3,13	+219,1
4—3	+0,47	+32,9
4—5	+0,78	+54,6
5—4	+1,22	+85,4

d) *Momente încovoietoare în rigle (din echilibrul nodurilor)*

$M_1 = -(787{,}5 - 745{,}5) = -42{,}0$ kNm; $M_4 = -(32{,}9 + 54{,}6) = -87{,}5$ kNm;

$M_2 = -(471{,}8 - 401{,}1) = -71{,}7$ kNm; $M_5 = -85{,}4$ kNm.

$M_3 = -(219{,}8 - 135{,}8) = -84{,}0$ kNm;

Diagrama de momente este arătată în fig. 8.28.

8.5.3. Diafragme cu mai multe șiruri de goluri

Relațiile date la pct. 8.5.1 pot fi extinse într-o formă similară și pentru diafragme cu mai multe șiruri de goluri.

Scanned with OKEN Scanner

a. Notații (fig. 8.29). Se adoptă următoarele notații:

$(1) \ldots (i) \ldots (z)$ — numerotarea montanților;

$(1-2) \ldots (i-1, i) \ldots (z-1, z)$ — numerotarea riglelor;

I_m, K_m — momentul de inerție și rigiditatea montantului curent (i);

K_r — rigiditatea riglei curente $(i-1, i)$.

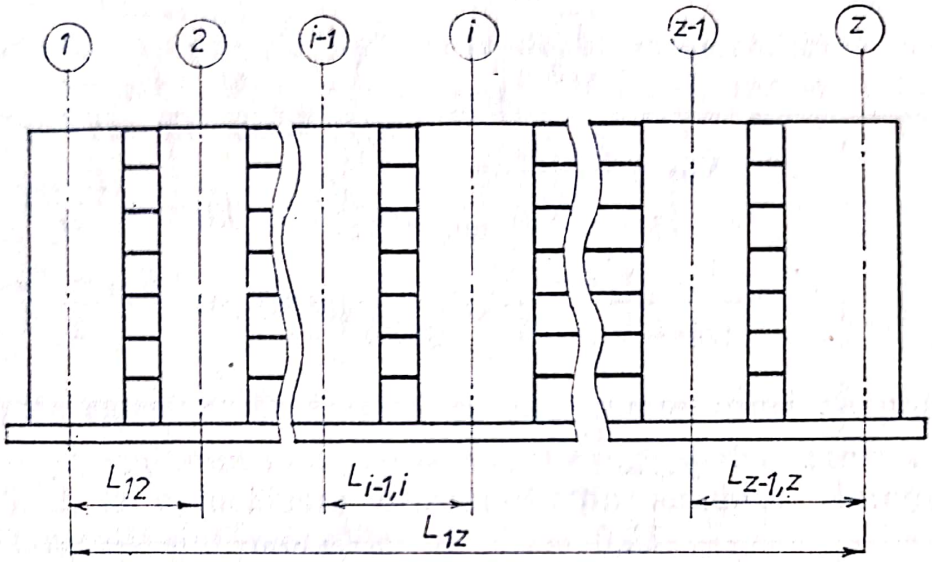


Fig. 8.29

b. **Caracteristicile semistructurii înlocuitoare.** Expresiile mărimilor care intervin în calcul și ale celor corespunzătoare din cazul particular al diafragmei nesimetrice cu un singur șir de goluri, tratat la pct. 8.5.1, sînt concentrate în tabelul de la pag. 112.

c. **Coeficientul** γ. Eforturile axiale în montanți din acțiunea încărcărilor orizontale sînt cu atît mai mari cu cît diafragma este mai zveltă, respectiv cu cît brațul de pîrghie L între axele montanților (fig. 8.30) este mai mic în raport cu înălțimea totală H.

Diafragmele cu mai multe șiruri de goluri, întîlnite curent la clădirile civile etajate, sînt cele longitudinale ale clădirilor de tip bară, care au lungimi mari în plan și deci eforturi axiale reduse în montanți din acțiunea încărcărilor orizontale. La astfel de diafragme, deformabilitatea axială a montanților se poate neglija în calcul, luînd $\gamma \approx 1$.

În cazul, mai rar întîlnit, al diafragmelor zvelte cu mai multe șiruri de goluri, eforturi axiale semnificative apar

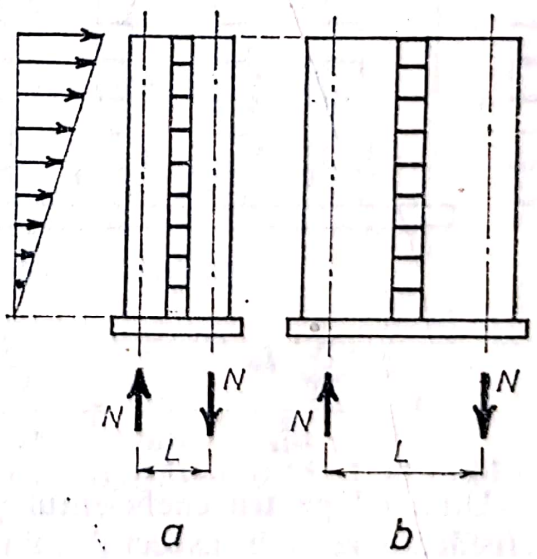


Fig. 8.30

Denumire	Expresii	
	Diafragme cu mai multe şiruri de goluri	Diafragme nesimetrice cu un singur şir de goluri
Momentul de inerţie al montantului	$I_{me} = \dfrac{\sum_{1}^{z} I_m}{2}$ (8.32)	$I_{me} = \dfrac{I_{m_1} + I_{m_2}}{2}$ (8.26)
Rigiditatea montantului	$K_{me} = \dfrac{E_m I_{me}}{H_e} = \dfrac{\sum_{1}^{z} K_m}{2}$ (8.33)	$K_{me} = \dfrac{E_m I_{me}}{H_e} = \dfrac{K_{m_1} + K_{m_2}}{2}$ (8.27)
Rigiditatea riglei	$K_{re} = \sum_{1,2}^{z-1,z} K_r$ (8.34)	$K_{re} = K_r$
$\lambda = \dfrac{K_{re}}{K_{me}}$	$\lambda = \dfrac{2\sum K_r}{\sum K_m}$ (8.35)	$\lambda = \dfrac{2K_r}{K_{m_1} + K_{m_2}}$ (8.28)

în special la montanţii de capăt întrucît la cei interiori reacţiunile transmise de riglele adiacente (fig. 8.31) sînt de semne contrarii şi se echilibrează în bună parte. În consecinţă, este de regulă suficient să se ţină seama în calcul de deformabilitatea axială numai pentru montaţii de capăt (în fig. 8.29, montanţii *1* şi *z*, cu braţul de pîrghie L_{1z}).

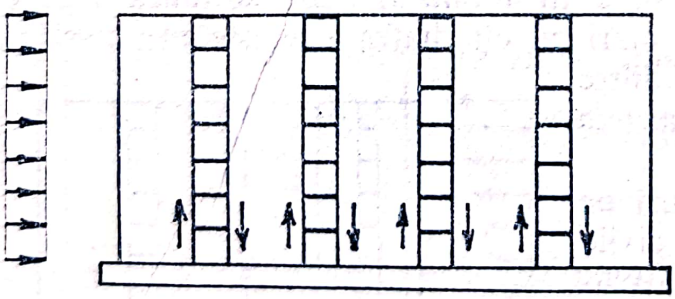


Fig. 8.31

Expresia (8.30) a coeficientului γ devine atunci:

$$\gamma = 1 + \frac{\sum_{1}^{z} I_m}{L_{1z}^2}\left(\frac{1}{A_{m_1}} + \frac{1}{A_{mz}}\right) = 1 + \frac{2\,I_{me}}{L_{1z}^2}\left(\frac{1}{A_{m_1}} + \frac{1}{A_{mz}}\right). \qquad (8.36)$$

Utilizînd pentru coeficientul γ expresia (8.36), se obţine o aproximaţie satisfăcătoare sub aspectul luării în considerare a deformaţiilor axiale ale montanţilor, în cazul diafragmelor cu mai multe şiruri de goluri.

Scanned with OKEN Scanner

d. **Momentele în diafragma reală.** Momentele M_{me} în montantul semistructurii înlocuitoare, calculate cu coeficienții din tabelele 1—9, se repartizează montanților diafragmei reale, proporțional cu rigiditățile lor:

$$M_{mi} = M_{me} \frac{K_{mi}}{K_{me}} = M_{me} \frac{I_{mi}}{I_{me}}. \tag{8.37}$$

Momentele la capetele riglelor se deduc din echilibrul nodurilor. La nodurile marginale: $M_r = -[M_{m\,(sup)} + M_{m\,(inf)}]$, iar la cele interioare, unde se întîlnesc cîte două rigle:

$$\begin{aligned} M_r &= -[M_{m\,(sup)} + M_{m\,(inf)}] \\ M_r\,(\text{stînga}) &= M_r \frac{K_{r\,(st)}}{K_{r\,(st)} + K_{r\,(dr)}}. \end{aligned} \tag{8.38}$$

Exemplul de calcul 5. Diafragmă cu mai multe șiruri de goluri.

Se determină momentele încovoietoare pentru diafragma cu 9 niveluri din fig. 8.32, la o încărcare orizontală din acțiunea vîntului: $q_v = 3{,}5$ kN/m. Planșeele sînt monolite. $E_r/E_m = 0{,}25$.

a) *Date pentru montanți*

Toate diafragmele perpendiculare pe cea considerată sînt libere la capetele opuse, deci intervin cu lățimi de conlucrare:

$$\Delta b = 10\, h_p = 10 \cdot 0{,}15 = 1{,}50 \text{ m}.$$

Rezultă pentru ambele tipuri de montanți: $b_p = b + \Delta b = 0{,}15 + 1{,}50 = 1{,}65$ m. Sînt respectate condițiile:

$$b_p \leqslant \frac{H}{5} = 4{,}95 \text{ m și } b_p \leqslant h = 4{,}65\ (8{,}55) \text{ m}.$$

— Montantul *1* (marginal):

$$A_{m1} = 0{,}15\,(4{,}65 + 2 \cdot 1{,}50) = 1{,}148 \text{ m}^2;$$

$$x_{G1} = \frac{0{,}15(4{,}65 \cdot 2{,}825 + 1{,}50 \cdot 0{,}075 + 1{,}50 \cdot 3{,}675)}{1{,}148} = 2{,}15 \text{ m}.$$

$$I_{m1} = \frac{0{,}15}{3}(2{,}15^3 + 2{,}50^3) + 0{,}15 \cdot 1{,}50\,(2{,}15 - 0{,}075)^2 + 0{,}15 \cdot 1{,}50\,(3{,}675 -$$

$$- 2{,}15)^2 = 2{,}77 \text{ m}^4.$$

Scanned with OKEN Scanner

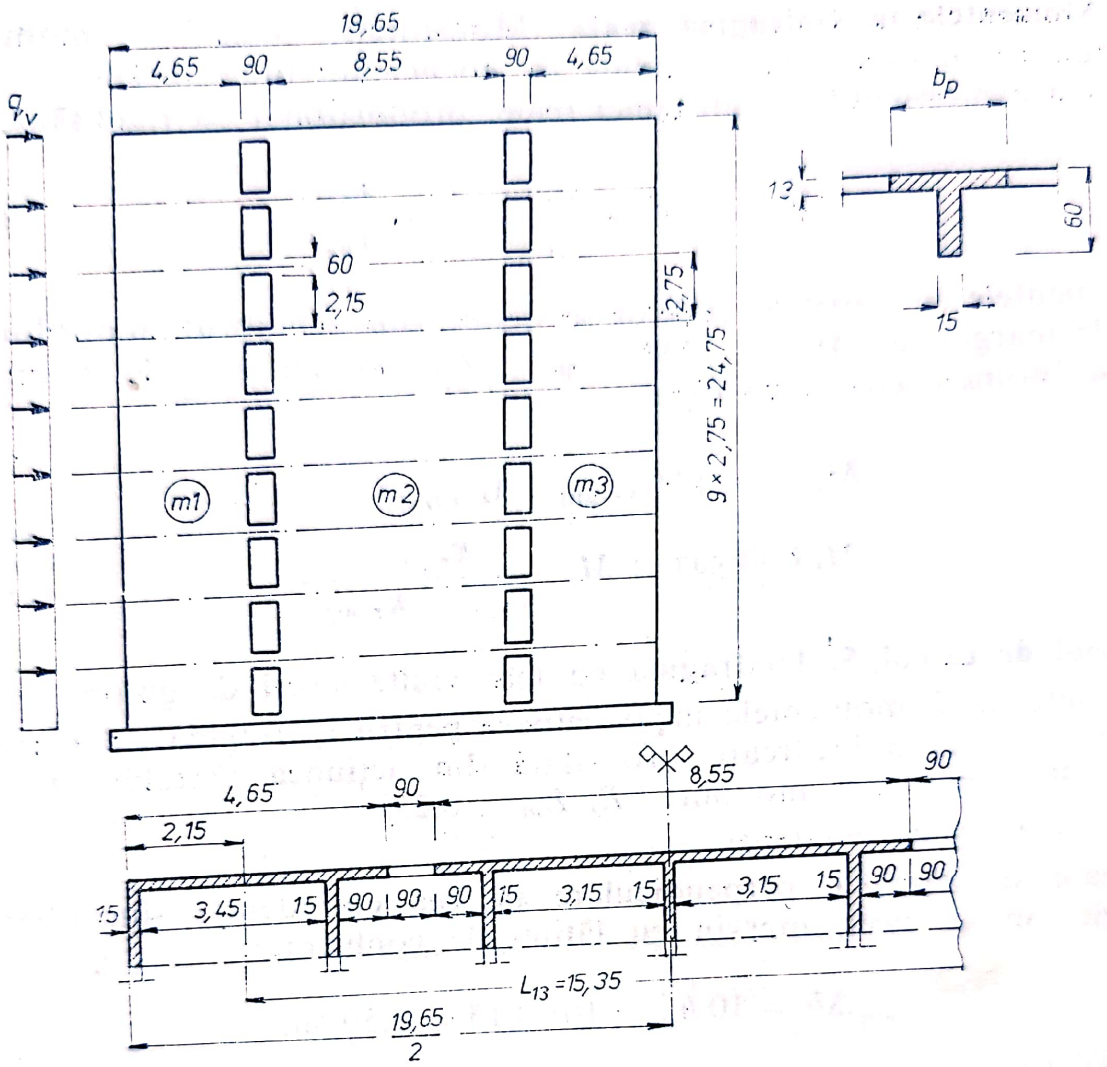


Fig. 8.32

— Montantul *2* (central):

$$A_{m_2} = 0{,}15\,(8{,}55 + 3 \cdot 1{,}50) = 1{,}957 \text{ m}^2;$$

x_{G2} — în axa de simetrie.

$$I_{m_2} = \frac{0{,}15 \cdot 8{,}55^3}{12} + 2 \cdot 1{,}5 \cdot 3{,}30^2 = 12{,}71 \text{ m}^4.$$

b) *Date pentru rigle*

$$L = 4{,}65 + 0{,}90 + \frac{8{,}55}{2} - 2{,}15 = 7{,}675 \text{ m};$$

$$l_0 = 0{,}90 \text{ m}; \; a = 0{,}35 \cdot 0{,}60 = 0{,}21 \text{ m} < 0{,}40 \text{ m};$$

$$l = 0{,}90 + 2 \cdot 0{,}21 = 1{,}32 \text{ m}.$$

Scanned with OKEN Scanner

$$\Delta b_{st} = \Delta b_{dr} = 0{,}15\, l_0 = 0{,}15 \cdot 0{,}90 = 0{,}135 \text{ m} < h_r = 0{,}60 \text{ m};$$

$$b_p = b + \Delta b_{st} + \Delta b_{dr} = 0{,}15 + 2 \cdot 0{,}135 = 0{,}42 \text{ m}.$$

Din tabelul 22, cu $b_p/b = 0{,}42/0{,}15 = 2{,}80$ și $h_p/h_r = 0{,}13/0{,}60 = 0{,}217$, se găsește $c = 1{,}532$.

$$I_r = 1{,}532 \frac{0{,}15 \cdot 0{,}60^3}{12} = 0{,}00414 \text{ m}^4.$$

Cu formula (5.3), pentru secțiuni în formă de T:

$$A_{rt} = \frac{0{,}15 \cdot 0{,}60}{1{,}1} = 0{,}082 \text{ m}^2;$$

$$\mu = \frac{1}{1 + \dfrac{30\, I_r}{A_{rt}\, l^2}} = \frac{1}{1 + \dfrac{30 \cdot 0{,}00414}{0{,}082\ (1{,}32)^2}} = 0{,}535$$

$$K_r = \frac{6\, E_r\, I_r}{L} \left(\frac{L}{l}\right)^3 \mu = \frac{6 \cdot 0{,}25\, E_m \cdot 0{,}00414}{7{,}675} \left(\frac{7{,}675}{1{,}32}\right)^3 0{,}535 = 0{,}085\ E_m.$$

c) *Caracteristicile semistructurii înlocuitoare*

$$I_{me} = \frac{\Sigma I_m}{2} = \frac{2\, I_{m1} + I_{m2}}{2} = \frac{2 \cdot 2{,}77 + 12{,}71}{2} = 9{,}125 \text{ m}^4$$

$$K_{me} = \frac{9{,}125\, E_m}{2{,}75} = 3{,}32\, E_m$$

$$K_{re} = \Sigma\, K_r = 2\, K_r = 2 \cdot 0{,}085\, E_m = 0{,}170\, E_m$$

$$\lambda = \frac{K_{me}}{K_{re}} = \frac{0{,}170\, E_m}{3{,}32\, E_m} = 0{,}051$$

Datorită simetriei, efortul axial în montantul central este nul. În formula (8.36): $A_{m1} = A_{mz} = 1{,}148$ m^2; $L_{1z} = 19{,}65 - 2 \cdot 2{,}15 = 15{,}35$ m.

$$\gamma = 1 + \frac{2\, I_{me}}{L_{1z}^2} \cdot \frac{2}{A_{m1}} = 1 + \frac{2 \cdot 9{,}125}{(15{,}35)^2} \cdot \frac{2}{1{,}148} = 1{,}135.$$

Scanned with OKEN Scanner

d) *Momente în montanți* (8.37)

$$M_{me} = m_v \frac{q_v H^2}{100} = m_v \frac{3{,}5 \cdot 24{,}75^2}{100} = 21{,}44\ m_v;$$

$$M_{m1} = M_{me} \frac{I_{m1}}{I_{me}} = 21{,}44\ m_v \frac{2{,}77}{9{,}125} = 6{,}51\ m_v;$$

$$M_{m2} = M_{me} \frac{I_{m2}}{I_{me}} = 21{,}44\ m_v \frac{12{,}71}{9{,}125} = 29{,}86\ m_v.$$

Secțiunea	m_v (din tabelul 7)	$M_{m1} = 6{,}51 m_v$ (kNm)	$M_{m2} = 29{,}86 m_v$ (kNm)
0—1	+17,12	+111,5	+511,2
1—0	−11,55	−75,2	−344,9
1—2	+12,22	+79,6	+364,9
2—1	−7,26	−47,3	−216,8
2—3	+8,30	+54,0	+247,8
3—2	−3,98	−25,9	−118,8
3—4	+5,24	+34,1	+156,5
4—3	−1,54	−10,02	−46,0
4—5	+2,91	+18,95	+86,9
5—4	+0,177	+1,15	+5,3
5—6	+1,211	+7,88	+36,2
6—5	+1,260	+8,20	+37,6
6—7	+0,085	+0,55	+2,5
7—6	+1,763	+11,48	+52,6
7—8	−0,491	−3,20	−14,7
8—7	+1,730	+11,26	+51,7
8—9	−0,534	−3,48	−15,9
9—8	+1,130	+7,36	+33,7

e) *Momente în rigle* (8.38)

— la nodul *8* marginal:

$$M_8 = -(M_{87} + M_{89}) = -(11{,}26 - 3{,}48) = -7{,}78\ \text{kNm};$$

Scanned with OKEN Scanner

– la nodul 8 central, în virtutea simetriei:

$$M_{8(8l)} = M_{8(8d)} = -\frac{M_{87} + M_{89}}{2} = -\frac{51,7 - 15,9}{2} = -17,9 \text{ kNm etc.}$$

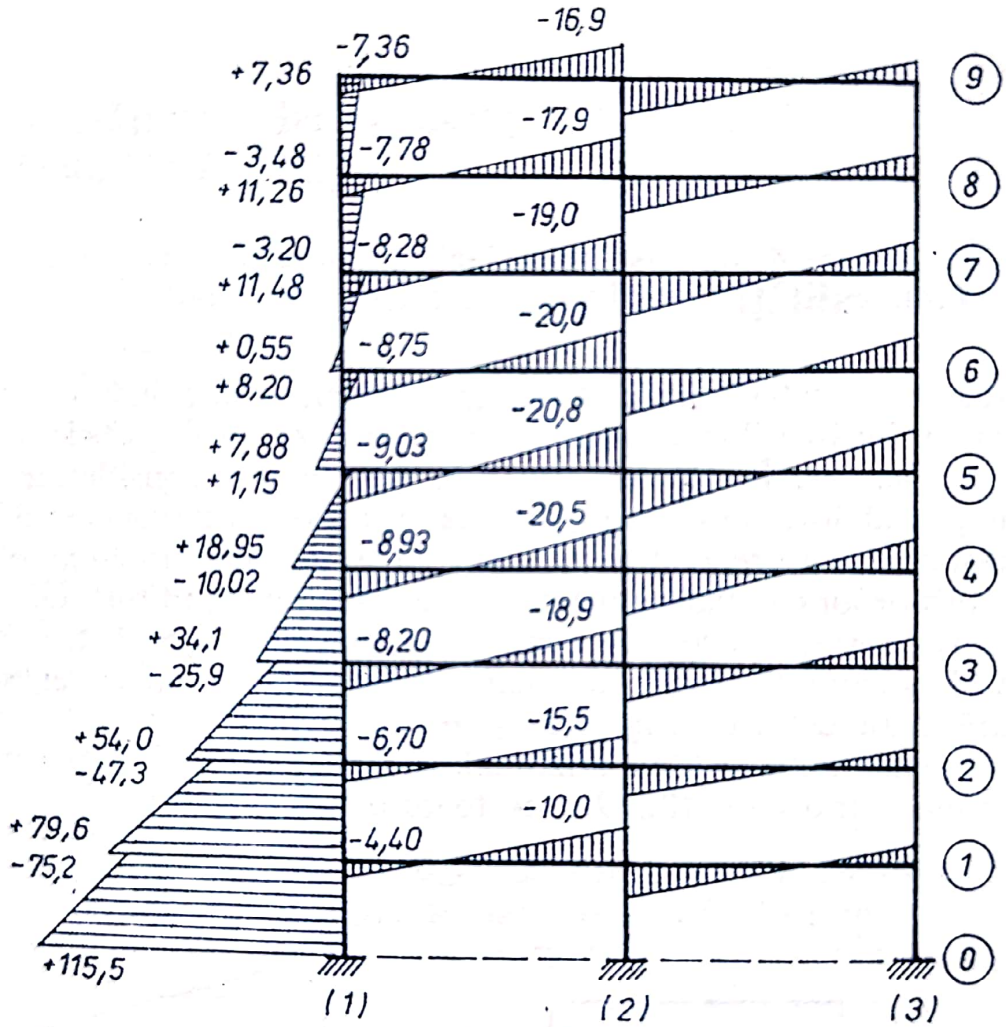


Fig. 8.33

În fig. 8.33 este reprezentată diagrama de momente pentru montantul marginal și pentru rigle.

Scanned with OKEN Scanner

9. METODA REDUCERII LA CADRE. DISTRIBUȚIA ÎNCĂRCĂRILOR ORIZONTALE ÎNTRE MAI MULTE DIAFRAGME

9.1. Generalități

Conlucrarea spațială între diafragmele componente ale unei structuri la preluarea încărcărilor orizontale se realizează prin șaibele orizontale formate de planșee. În cele ce urmează, acestea sînt considerate ca șaibe rigide în planul lor, presupunîndu-se că prin conformarea structurii (stabilirea distanțelor între diafragme, alcătuirea și dimensionarea planșeelor și a legăturilor lor cu diafragmele) li s-au asigurat condițiile de rigiditate și capacitate portantă necesare pentru a-și îndeplini acest rol.

O șaibă orizontală rigidă, acționată de încărcări în planul ei, se deplasează fără a se deforma (fig. 9.1) și în consecință:

— dacă rezultanta forțelor orizontale se aplică centric asupra structurii, imprimîndu-i o translație (fig. 9.1, *a*), toate punctele șaibei capătă translații egale Δ;

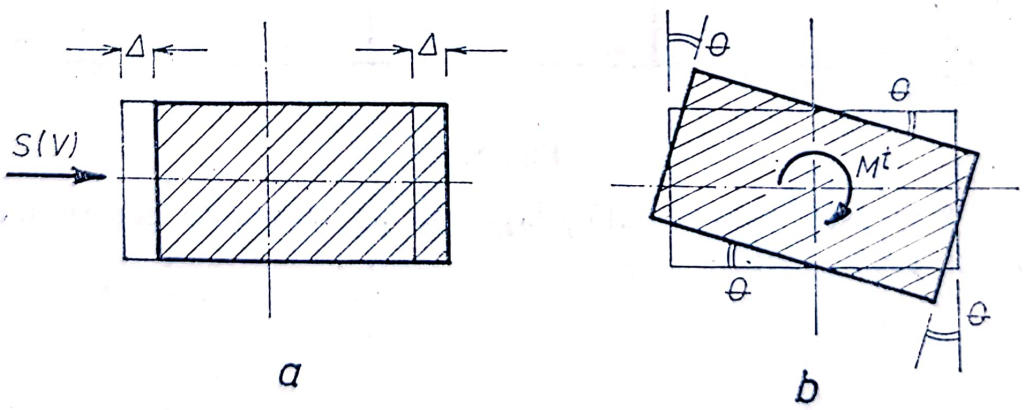


Fig. 9.1

— dacă rezultanta forțelor orizontale se aplică excentric, generînd și un moment de torsiune generală M^t (fig. 9.1, *b*), rotirile θ produse de M^t sînt aceleași în toate punctele șaibei.

Repartiția spațială a încărcărilor orizontale între diafragmele componente ale structurii se determină punînd condițiile de egalitate a depla-

Scanned with OKEN Scanner

sărilor corespunzătoare gradelor de libertate din fig. 9.1, *a* și *b*. În metodele simplificate, aceste condiții se pun numai la nivelul caracteristic, care conform celor arătate la pct. 7.1.1, **c** (v. fig. 7.2) se consideră în dreptul planșeului celui mai apropiat de 0,8 *H*. În ecuațiile de condiție respective, diafragmele intervin deci cu rigiditățile lor la deplasarea Δ de la nivelul caracteristic.

9.2. Rigiditățile diafragmelor. Momente de inerție echivalente [II.7, II.8]

Rigiditatea unei diafragme la deplasarea laterală Δ de la nivelul caracteristic, pentru o încărcare orizontală distribuită pe înălțime după o lege dată (fig. 9.2), se definește prin încărcarea necesară pentru a-i produce la nivelul caracteristic o săgeată $\Delta = 1$. Rigiditatea va avea deci valori diferite pentru cele două tipuri de distribuții ale încărcărilor orizontale din figură.

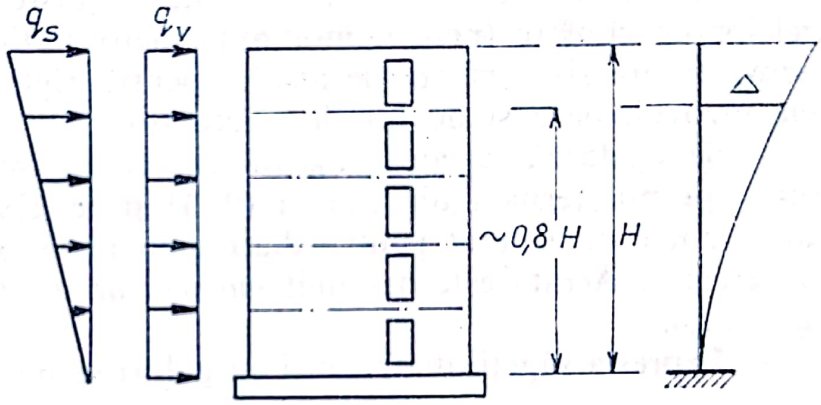


Fig. 9.2

În toate relațiile de calcul care urmează, se vor utiliza, ca și în cap. 8, indicii *v* pentru mărimile corespunzătoare încărcării uniform distribuite (vînt) și *s* pentru cele corespunzătoare încărcării distribuite triunghiular (seismice).

9.2.1. Săgeata la nivelul caracteristic

a. **Diafragme pline.** Expresia săgeții Δ pentru o consolă verticală plină, încastrată la bază, este de forma:

$$\Delta_v = \alpha_v \frac{q_v H^4}{E_m I_m} + \beta_v \frac{q_v H^2}{G_m A_m}$$

$$\Delta_s = \alpha_s \frac{q_s H^4}{E_m I_m} + \beta_s \frac{q_s H^2}{G_m A_m} \qquad (9.1)$$

unde primul termen reprezintă săgeata din deformațiile produse de momentele încovoietoare, iar cel de al doilea, săgeata din deformațiile produse de

forțele tăietoare. Semnificațiile notațiilor:

E_m ($\approx E_b$) — modulul de elasticitate convențional pentru diafragmă;
$G_m = 0{,}4\,E_m$ — modulul de elasticitate transversal;
I_m — momentul de inerție al secțiunii diafragmei;
A_{mt} — secțiunea activă pentru deformațiile produse de forțele tăietoare, stabilită cu relația (5.2);
$\alpha_v, \alpha_s, \beta_v, \beta_s$ — coeficienți numerici, care depind numai de legea de distribuție pe înălțime a încărcărilor q_v, q_s.

b. **Diafragme cu goluri.** Pentru o diafragmă cu goluri, expresia săgeții Δ poate fi adusă la o formă similară cu (9.1), introducînd noțiunea de „moment de inerție echivalent":

— Se determină săgeata la nivelul caracteristic pentru diafragma cu goluri, considerată ca un cadru etajat, ținînd seama de toate tipurile de deformații care intervin în rigiditățile la distorsiune ale montanților și riglelor de cuplare (pentru montanți: deformațiile produse de momentele încovoietoare și de eforturile axiale; pentru rigle, cele produse de momentele încovoietoare și de forțele tăietoare).

— Se egalează această săgeată cu cea de încovoiere a unei diafragme pline [primul termen din relația (9.1)] și se găsește momentul de inerție care trebuie considerat pentru diafragma plină pentru ca cele două săgeți să fie egale. Acesta este denumit *moment de inerție echivalent* și se notează cu I_{ev}, I_{es}.

— Expresia săgeții diafragmei cu goluri se poate atunci scrie sub forma:

$$\Delta_v = \alpha_v \frac{q_v H^4}{E_m I_{ev}} + \beta_v \frac{q_v H^2}{G_m \Sigma A_{mt}}$$

$$\Delta_s = \alpha_s \frac{q_s H^4}{E_m I_{es}} + \beta_s \frac{q_s H^2}{G_m \Sigma A_{mt}} \qquad (9.2)$$

unde $E_m, T_m, \Sigma A_{mt}$ se referă la montanți.

În formulele (9.2), s-a cuprins deci în primul termen influența tuturor tipurilor de deformații în afară de cele produse de forțele tăietoare din montanți, care nu au intervenit în calculul pe bază de distorsiuni și sînt evidențiate separat prin termenul al doilea. Pentru a include în momentul de inerție echivalent și influența acestor deformații, expresiile (9.2) se pot transforma dînd în factor comun primul termen:

$$\Delta_v = \alpha_v \frac{q_v H^2}{E_m I_{ev}} \left(1 + \frac{\beta_v}{\alpha_v} \cdot \frac{I_{ev}}{0{,}4 \Sigma A_{mt} H^2}\right)$$

$$\Delta_s = \alpha_s \frac{q_s H^4}{E_m I_{es}} \left(1 + \frac{\beta_s}{\alpha_s} \cdot \frac{I_{es}}{0{,}4 \Sigma A_{mt} H^2}\right)$$

Scanned with OKEN Scanner

ceea ce permite aducerea lor la forma:

$$\Delta_v = \alpha_v \frac{q_v H^3}{E_m \bar{I}_{ev}}; \quad \Delta_s = \alpha_s \frac{q_s H^4}{E_m \bar{I}_{es}} \tag{9.3}$$

unde s-a notat:

$$\bar{I}_{ev} = I_{ev} \frac{1}{1 + \frac{\beta_v}{0{,}4\,\alpha_v} \cdot \frac{I_{ev}}{\sum A_{mt} H^2}}; \quad \bar{I}_{es} = I_{es} \frac{1}{1 + \frac{\beta_s}{0{,}4\,\alpha_s} \cdot \frac{I_{es}}{\sum A_{mt} H^2}} \tag{9.4}$$

$\bar{I}_{ev}$, $\bar{I}_{es}$ au semnificația unor *momente de inerție echivalente corectate* ținînd seama și de deformațiile produse de forțele tăietoare din montanți, deci incluzînd influența tuturor tipurilor de deformații.

9.2.2. Exprimarea rigidității diafragmei în funcție de momentul de inerție echivalent

Rigiditatea K_v (K_s) a unei diafragme se definește prin încărcarea $q_v(q_s)$ necesară pentru a produce la nivelul caracteristic deplasarea $\Delta_v(\Delta_s) = 1$ Punînd în relațiile (9.3) $\Delta_v(\Delta_s) = 1$, se obține:

$$q_v = \frac{E_m \bar{I}_{ev}}{\alpha_v H^4} = K_v; \quad q_s = \frac{E_m \bar{I}_{es}}{\alpha_s H^4} = K_s. \tag{9.5}$$

K_v, K_s sînt proporționale cu $\bar{I}_{ev}$, $\bar{I}_{es}$, astfel că *repartiția încărcărilor orizontale între diafragmele care compun structura se poate face direct în raport cu momentele de inerție echivalente* $\bar{I}_{ev}$, $\bar{I}_{es}$, *fără a mai fi necesar să se calculeze și rigiditățile* K_v, K_s.

9.2.3. Alcătuirea și utilizarea tabelelor pentru determinarea momentelor de inerție echivalente

În tabelele 11—19 se dau coeficienți pentru calculul momentelor de inerție echivalente I_{ev}, I_{es} în funcție de parametrii λ și γ, sub forma:

$$I_{ev} = \eta_v I_0; \quad I_{es} = \eta_s I_0 \tag{9.6}$$

unde I_0 este momentul de inerție global al secțiunii ansamblului montanților, considerați ca formînd un singur element.

I_0 poate fi dedus direct din I_m și γ:

— Pentru diafragme simetrice cu un singur șir de goluri în axă (v. pct. 8.3):

$$I_0 = 2 I_m + 2 A_m \left(\frac{L}{2}\right)^2 = 2 I_m \left(1 + \frac{A_m L^2}{4 I_m}\right)$$

Scanned with OKEN Scanner

Din formula (8.17): $4\,I_m/A_m\,L^2 = \gamma - 1$. Înlocuind în expresia lui I_0, se obține:

$$I_0 = 2\,I_m\left(1 + \frac{1}{\gamma - 1}\right) = \frac{2\gamma}{\gamma - 1}\,I_m. \tag{9.7}$$

— Similar, în cazul general al diafragmelor nesimetrice sau cu mai multe șiruri de goluri, din relațiile de la paragrafele 8.4 și 8.5 se deduce:

$$I_0 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1}\,I_{me} \tag{9.8}$$

unde $I_{me} = \dfrac{\sum_1^z I_m}{2}$.

Coeficienții din tabelele 11—19 ar fi putut fi dați direct în funcție de $I_m\,(I_{me})$, însă s-a preferat forma (9.6) în funcție de I_0, deoarece valorile coeficienților η_v, η_s rezultă subunitare, ceea ce facilitează interpolarea în tabele. Totodată, în acest mod coeficienții capătă și o semnificație fizică mai directă, în sensul că exprimă reducerea momentului global de inerție datorită diferitelor deformații care intervin în plus în raport cu o secțiune lucrînd la încovoiere ca un întreg.

În tabelul ajutător 10 sînt date valorile coeficienților:

$$\nu_v = \frac{\beta_v}{0{,}4\,\alpha_v}\;;\quad \nu_s = \frac{\beta_s}{0{,}4\,\alpha_s}$$

care intervin în formulele (9.4) și care depind numai de numărul de niveluri.

Cu coeficienții η_v, η_s, ν_v, ν_s, expresia momentului de inerție echivalent corectat devine:

$$\boxed{\bar{I}_{ev} = \frac{\eta_v\,I_0}{1 + \nu_v\dfrac{\eta_v\,I_0}{\sum A_{mt}\,H^2}}\;;\quad \bar{I}_{es} = \frac{\eta_s\,I_0}{1 + \nu_s\dfrac{\eta_s\,I_0}{\sum A_{mt}\,H^2}}} \tag{9.9}$$

unde I_0 se calculează în funcție de $I_m\,(I_{me})$ cu relațiile (9.7), (9.8).

În cazul particular al diafragmelor la care nu se ține seama în calcul de deformabilitatea axială a montanților ($\gamma \approx 1$), expresiile (9.7), (9.8) nu sînt utilizabile, întrucît numitorul se anulează. Pentru acest caz este dat tabelul 20, cu care I_{ev}, I_{es} se determină în funcție de I_m:

$$I_{ev} = \eta_v\,I_m\;;\quad I_{es} = \eta_s\,I_m. \tag{9.10}$$

La diafragmele pline, care intră tot în această categorie, se obține evident $\eta_v, \eta_s = 1$.

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul de calcul 6. Determinarea momentelor de inerție echivalente pentru diafragme pline și cu goluri.

a) *Diafragmă plină*

Se calculează $\bar{I}_{es}$ pentru diafragma plină, cu 9 niveluri, din exemplul 1, avînd secțiunea transversală din fig. 9.3. $H = 24{,}75$ m.

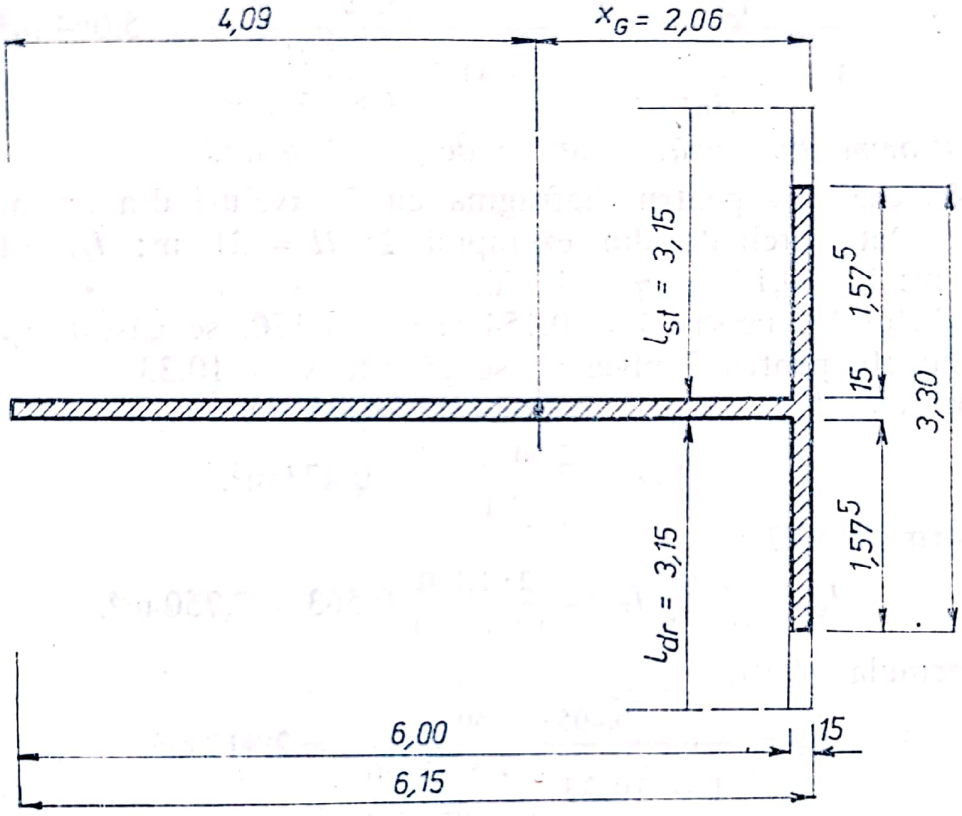


Fig. 9.3

Talpa este legată la capetele opuse cu diafragme situate la distanțele $l_{st} = l_{dr} = 3{,}15$ m.

$$\Delta b_{st} = \Delta b_{dr} = 3{,}15/2 = 1{,}575 \text{ m.}$$

$$b_p = b + \Delta b_{st} + \Delta b_{dr} = 0{,}15 + 2 \cdot 1{,}575 = 3{,}30 \text{ m.}$$

Sînt îndeplinite condițiile:

$$b_p \leqslant \frac{H}{5} = \frac{24{,}75}{5} = 4{,}95 \text{ m;}$$

$$b_p \leqslant h = 6{,}15 \text{ m.}$$

$$A_m = 0{,}15\,(6{,}00 + 3{,}30) = 1{,}395 \text{ m}^2$$

$$x_G = \frac{0{,}15\,(3{,}30 \cdot 0{,}075 + 6{,}00 \cdot 3{,}15)}{1{,}395} = 2{,}06 \text{ m.}$$

$$I_m = \frac{0{,}15}{3}(4{,}09^3 + 2{,}06^3) + 0{,}15 \cdot 3{,}15\,(2{,}06 - 0{,}75)^3 = 5{,}71 \text{ m}^4.$$

Scanned with OKEN Scanner

Diafragma fiind plină, $I_0 = I_m$, $\eta_s = 1$.

$$A_{mt} = \frac{0{,}15 \cdot 6{,}15}{1{,}1} = 0{,}84 \text{ m}^4.$$

Din tabelul 10, pentru 9 niveluri, se găsește $\nu_s = 11{,}50$. Cu formula (9.9):

$$\bar{I}_{cs} = \frac{I_0}{1 + \nu_s \dfrac{I_0}{A_{mt} H^2}} = \frac{5{,}71}{1 + 11{,}50 \dfrac{5{,}71}{0{,}84 \cdot 24{,}75^2}} = 5{,}064 \text{ m}^4.$$

b) *Diafragmă simetrică, cu un șir de goluri în axă*

Se calculează $\bar{I}_{es}$ pentru diafragma cu 7 niveluri din exemplul 2 (v. fig. 8.18). Date preluate din exemplul 2: $H = 21$ m; $I_m = 0{,}563$ m^4; $L = 4{,}32$ m; $\lambda = 0{,}154$ și $\gamma = 1{,}170$.

Din tabelul 15, pentru $\lambda = 0{,}154$ și $\gamma = 1{,}170$, se găsește $\eta_s = 0{,}405$. Din tabelul 10, pentru 7 niveluri, se găsește $\nu_s = 10{,}33$.

Cu formula (5.2), pentru secțiuni în formă de T:

$$A_{mt} = \frac{2{,}60 \cdot 0{,}20}{1{,}1} = 0{,}473 \text{ m}^2.$$

Din formula (9.7):

$$I_0 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1} I_m = \frac{2 \cdot 1{,}170}{1{,}170 - 1} 0{,}563 = 7{,}750 \text{ m}^4.$$

Cu formula (9.9):

$$\bar{I}_{es} = \frac{0{,}405 \cdot 7{,}750}{1 + 10{,}33 \dfrac{0{,}405 \cdot 7{,}750}{2 \cdot 0{,}473 \cdot 21^2}} = 2{,}912 \text{ m}^4.$$

c) *Diafragmă nesimetrică, cu un șir de goluri*

Se calculează $\bar{I}_{ev}$ pentru diafragma cu 9 niveluri din exemplul 3 (fig. 8.23). Date preluate din exemplul 3: $H = 24{,}75$ m; $I_{me} = 0{,}485$ m^4; $L = 4{,}29$ m; $\lambda = 0{,}170$ și $\gamma = 1{,}163$.

Din tabelul 17, pentru $\lambda = 0{,}170$ și $\gamma = 1{,}163$, se găsește $\eta_v = 0{,}469$. Din tabelul 10, pentru 9 niveluri, $\nu_v = 12{,}86$.

Cu formula (5.2):

$$\Sigma A_{mt} = \frac{3{,}40 \cdot 0{,}15}{1{,}1} + \frac{1{,}95 \cdot 0{,}15}{1{,}1} = 0{,}730 \text{ m}^2.$$

Din relația (9.8):

$$\bar{I}_0 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1} I_{me} = \frac{2 \cdot 1{,}163}{1{,}163 - 1} 0{,}485 = 6{,}921 \text{ m}^4.$$

Cu formula (9.9):

$$\bar{I}_{ev} = \frac{0{,}469 \cdot 6{,}921}{1 + 12{,}86 \dfrac{0{,}469 \cdot 6{,}921}{0{,}730 \cdot 24{,}75^2}} = 2{,}969 \text{ m}^4.$$

Scanned with OKEN Scanner

d) *Diafragmă nesimetrică, cu un șir de goluri situat în apropierea uneia din margini*

Se calculează $\bar{I}_{es}$ pentru diafragma cu 5 niveluri din exemplul 4. Date preluate din exemplul 4: $H = 14$ m; $I_m = 1{,}636$ m^4; $L = 6{,}80$ m; $\lambda = 0{,}50$; $\gamma = 1{,}175$.

Pe schema dublată din fig. 8.27, din tabelul 13, pentru $\lambda = 0{,}050$ și $\gamma = 1{,}175$, se găsește $\eta_s = 0{,}217$. Din tabelul 10, pentru 5 niveluri, $\nu_s = 10{,}87$.

$$A_{mt} = 2\frac{4{,}50 \cdot 0{,}15}{1{,}1} = 1{,}226 \text{ m}^2.$$

Din relația (9.7):

$$I_0 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1} I_m = \frac{2 \cdot 1{,}175}{1{,}175 - 1} 1{,}636 = 21{,}97 \text{ m}^4.$$

Cu formula (9.9):

$$\bar{I}_{es} = \frac{0{,}217 \cdot 21{,}97}{1 + 10{,}87 \dfrac{0{,}217 \cdot 21{,}97}{1{,}226 \cdot 14{,}0^2}} = 3{,}922 \text{ m}^4.$$

Pe schema reală: $\bar{I}_{es} = \frac{1}{2} 3{,}922 = 1{,}961$ m^4.

e) *Diafragmă cu mai multe șiruri de goluri*

Se calculează $\bar{I}_{ev}$ pentru diafragma cu 9 niveluri din exemplul 5 (fig. 8.32). Date preluate din exemplul 5: $H = 24{,}75$ m; $I_{me} = 9{,}125$ m^4; $L = 7{,}675$ m; $\lambda = 0{,}051$; $\gamma = 1{,}135$.

Din tabelul 17, pentru $\lambda = 0{,}051$ și $\gamma = 1{,}135$, se găsește $\eta_v = 0{,}257$. Din tabelul 10, pentru 9 niveluri, se găsește $\nu_v = 12{,}86$.

Cu formula (5.2):

$$A_{mt1} = \frac{0{,}15 \cdot 4{,}65}{1{,}1} = 0{,}634 \text{ m}^2; \qquad A_{mt2} = \frac{0{,}15 \cdot 8{,}55}{1{,}2} = 1{,}069 \text{ m}^2;$$

$$\Sigma A_{mt} = 2 \cdot 0{,}634 + 1{,}069 = 2{,}337 \text{ m}^2:$$

Din relația (9.8):

$$I_0 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1} I_{me} = \frac{2 \cdot 1{,}135}{1{,}135 - 1} 9{,}125 = 153{,}4 \text{ m}^4.$$

Cu formula (9.9):

$$\bar{I}_{ev} = \frac{0{,}257 \cdot 153{,}4}{1 + 12{,}86 \dfrac{0{,}257 \cdot 153{,}4}{2{,}337 \cdot 24{,}75^2}} = 29{,}14 \text{ m}^4.$$

Scanned with OKEN Scanner

9.2.4. Observații referitoare la influența diferitelor tipuri de deformații asupra rigidităților diafragmelor cu goluri

Pentru a ilustra ponderea cu care intervin deformațiile produse de forțele tăietoare și de eforturile axiale din montanți în deformația totală a unei diafragme, în fig. 9.4—9.7 s-a reprezentat variația săgeții la vîrf sub acțiunea unei încărcări orizontale uniform distribuite pe înălțime, pentru cîteva tipuri de diafragme cu un șir de goluri în axă, în funcție de parametrii λ și γ, și anume:

— o diafragmă cu 3 niveluri, cu $\gamma = 1{,}05$ (fig. 9.4) și cu $\gamma = 1{,}20$ (fig. 9.5);

— o diafragmă cu 11 niveluri, cu $\gamma = 1{,}05$ (fig. 9.6) și $\gamma = 1{,}20$ (fig. 9.7).

Săgeata totală la vîrf Δ s-a reprezentat defalcată în:

— săgeata produsă de momentele încovoietoare (Δ_M);
— săgeata produsă de eforturile axiale (Δ_N);
— săgeata produsă de forțele tăietoare (Δ_T).

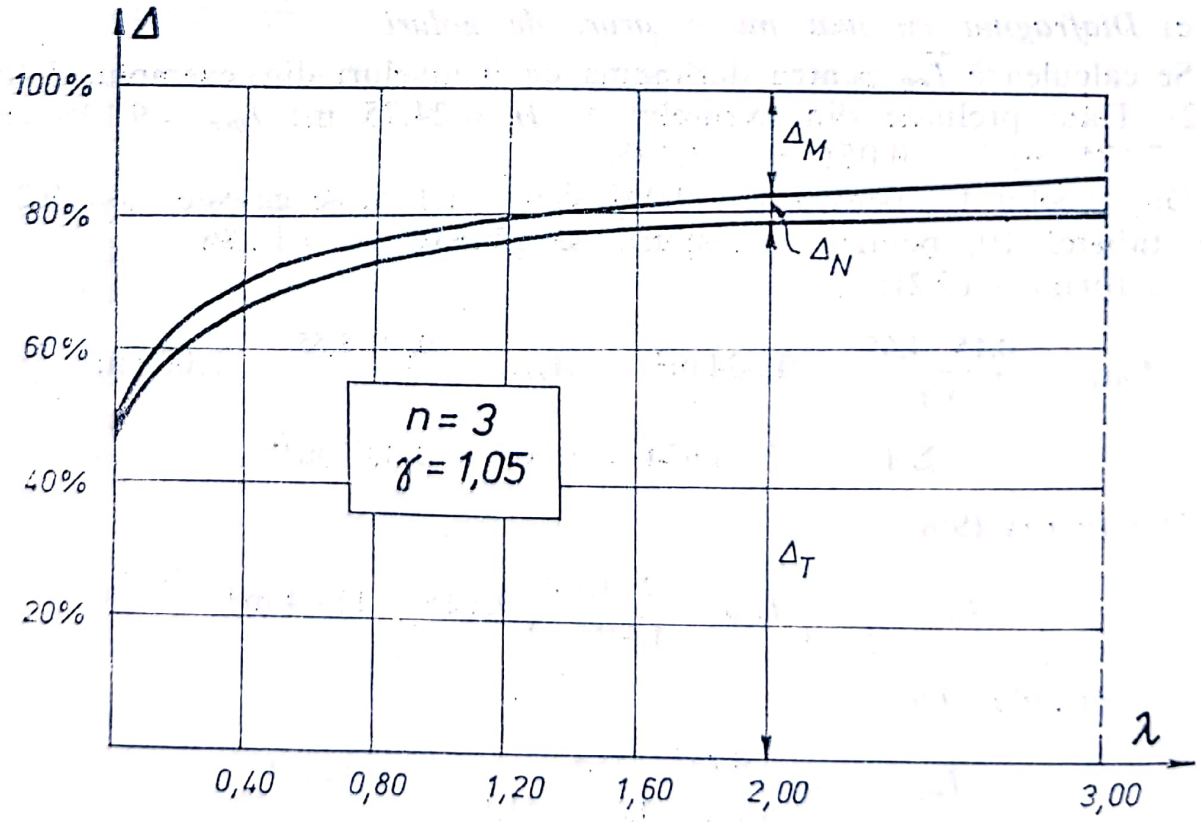


Fig. 9.4

Scanned with OKEN Scanner

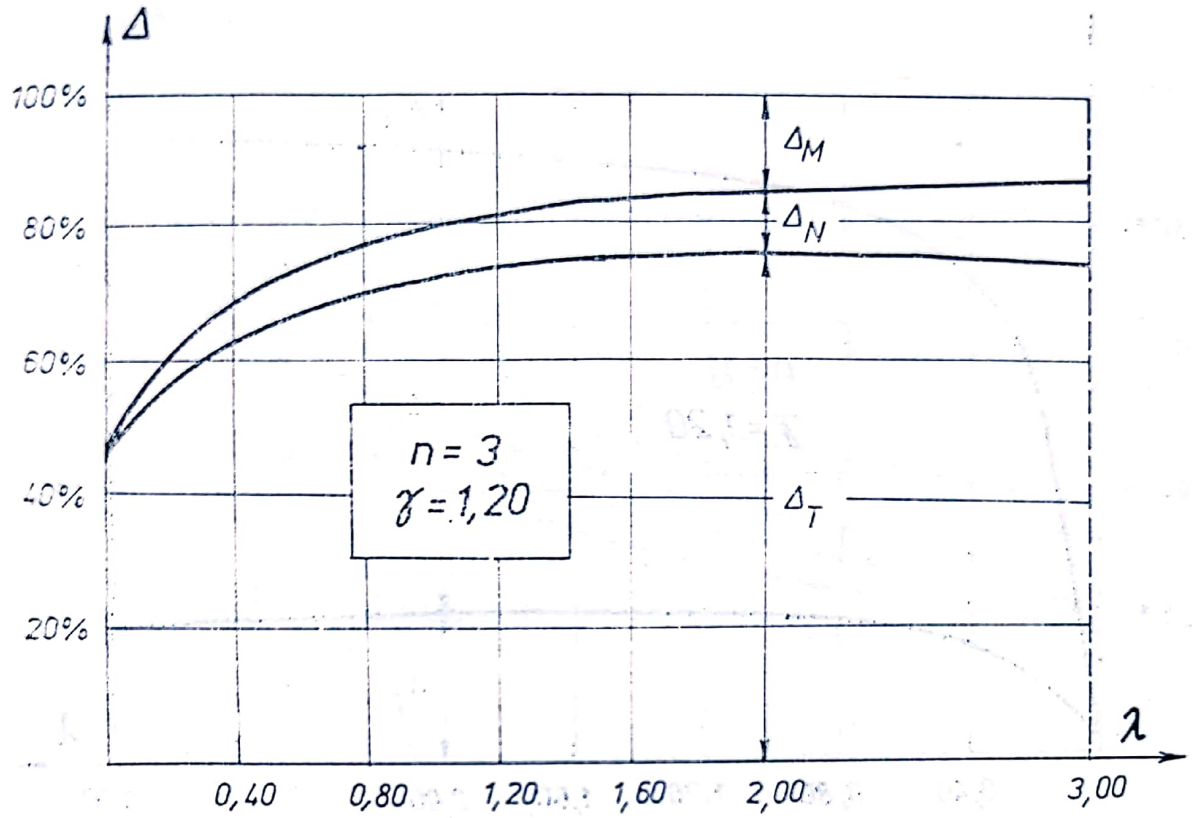


Fig. 9.5

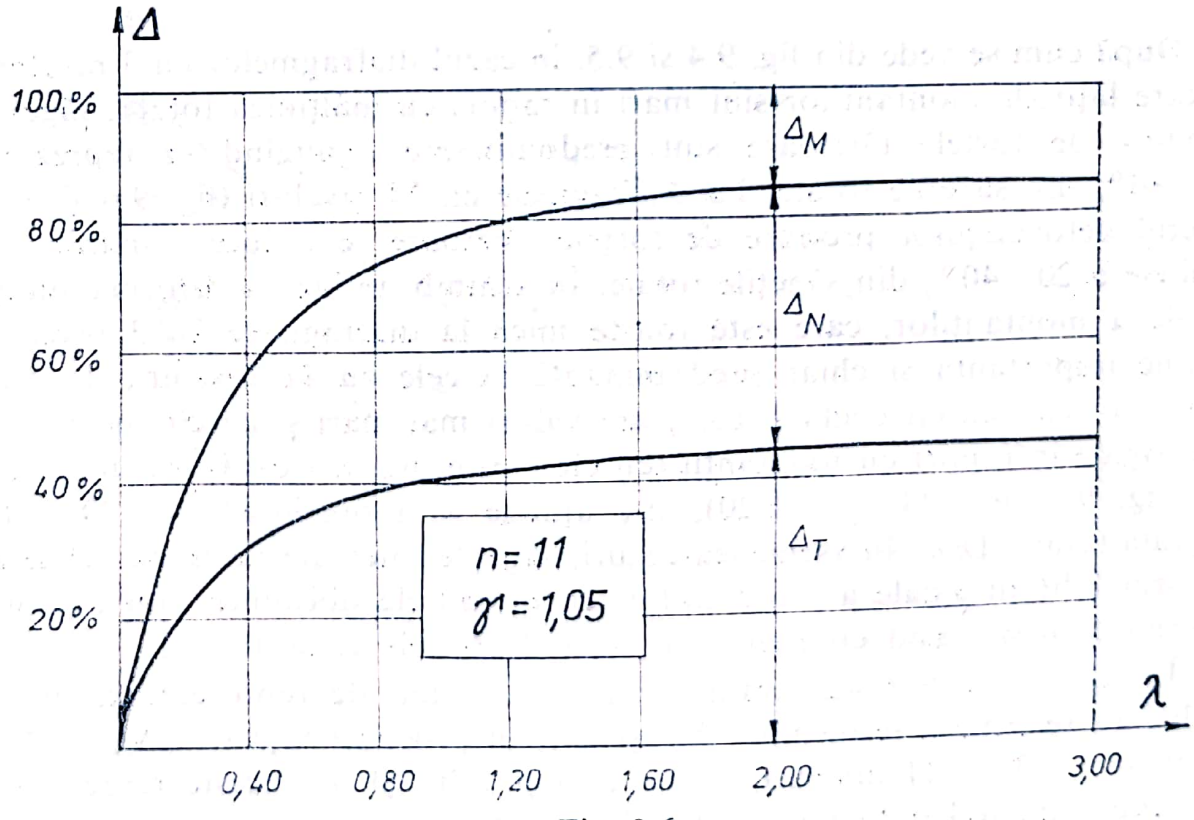


Fig. 9.6

Scanned with OKEN Scanner

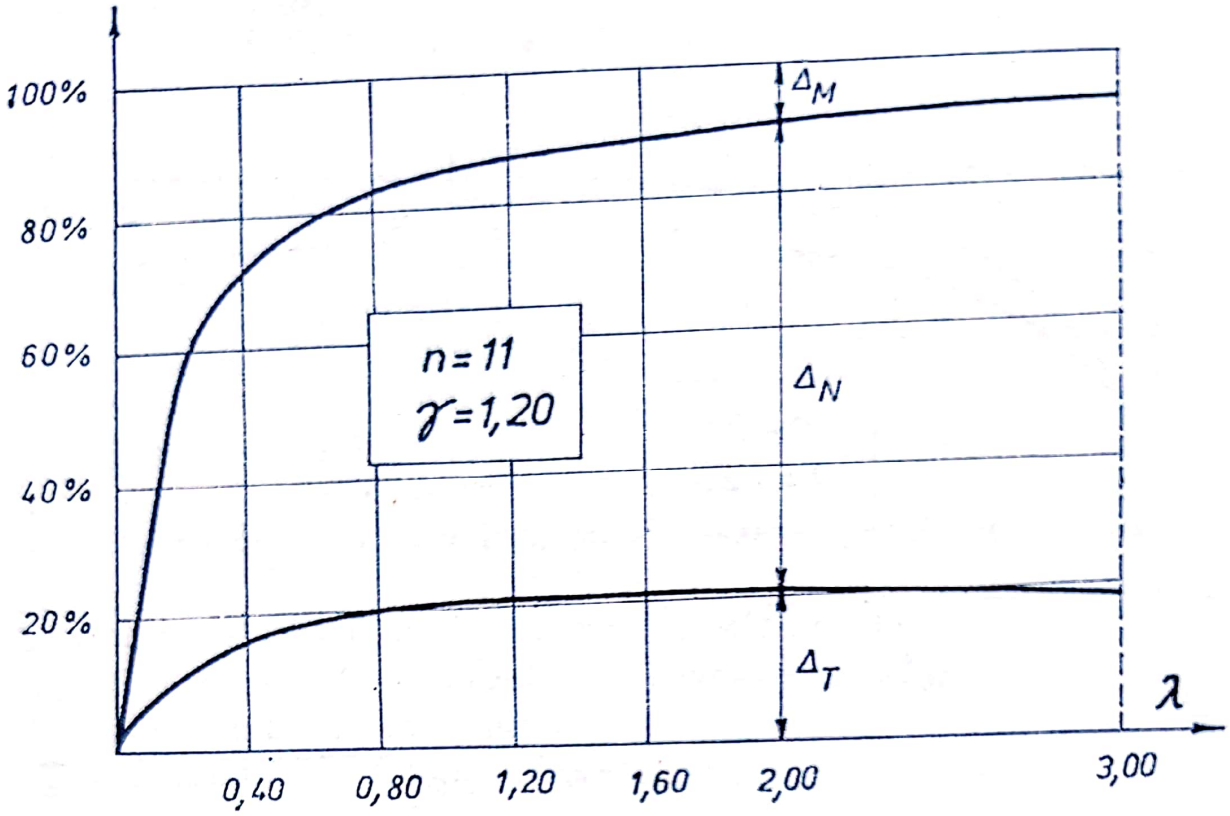


Fig. 9.7

După cum se vede din fig. 9.4 și 9.5, în cazul diafragmelor cu 3 niveluri, la care lățimile montanților sînt mari în raport cu înălțimea totală, săgețile produse de forțele tăietoare sînt predominante, ajungînd să reprezinte 70—80% din săgețile totale. La diafragmele cu 11 niveluri (fig. 9.6 și 9.7), efectul deformațiilor produse de forțele tăietoare se reduce, rămînînd în limitele a 20—40% din săgețile totale. În schimb, influența deformabilității axiale a montanților, care este foarte mică la diafragmele cu 3 niveluri, devine importantă și chiar predominantă la cele cu 11 niveluri, fiind cu atît mai mare cu cît coeficientul γ are valori mai mari și cu cît riglele sînt mai rigide în raport cu montanții (cu cît λ este mai mare). În cazul extrem din fig. 9.7 ($n = 11$, $\gamma = 1{,}20$), Δ_N ajunge să reprezinte circa 70% din săgeata totală. Deci, în asemenea cazuri, săgețile calculate neglijînd influența deformabilității axiale a montanților, ca la cadrele obișnuite, sînt cu totul nesemnificative, fiind cu mult mai mici decît cele reale totale.

În fig. 9.8 și 9.9 s-a arătat, într-un alt mod de reprezentare, numai influența relativă a termenilor Δ_M și Δ_N, în procente față de $(\Delta_M + \Delta_N)$, pentru $n = 3 \ldots 11$ niveluri și $\gamma = 1{,}05$ și $1{,}20$. Și din aceste reprezentări se vede cum influența termenului Δ_N crește cu γ, n și λ.

Scanned with OKEN Scanner

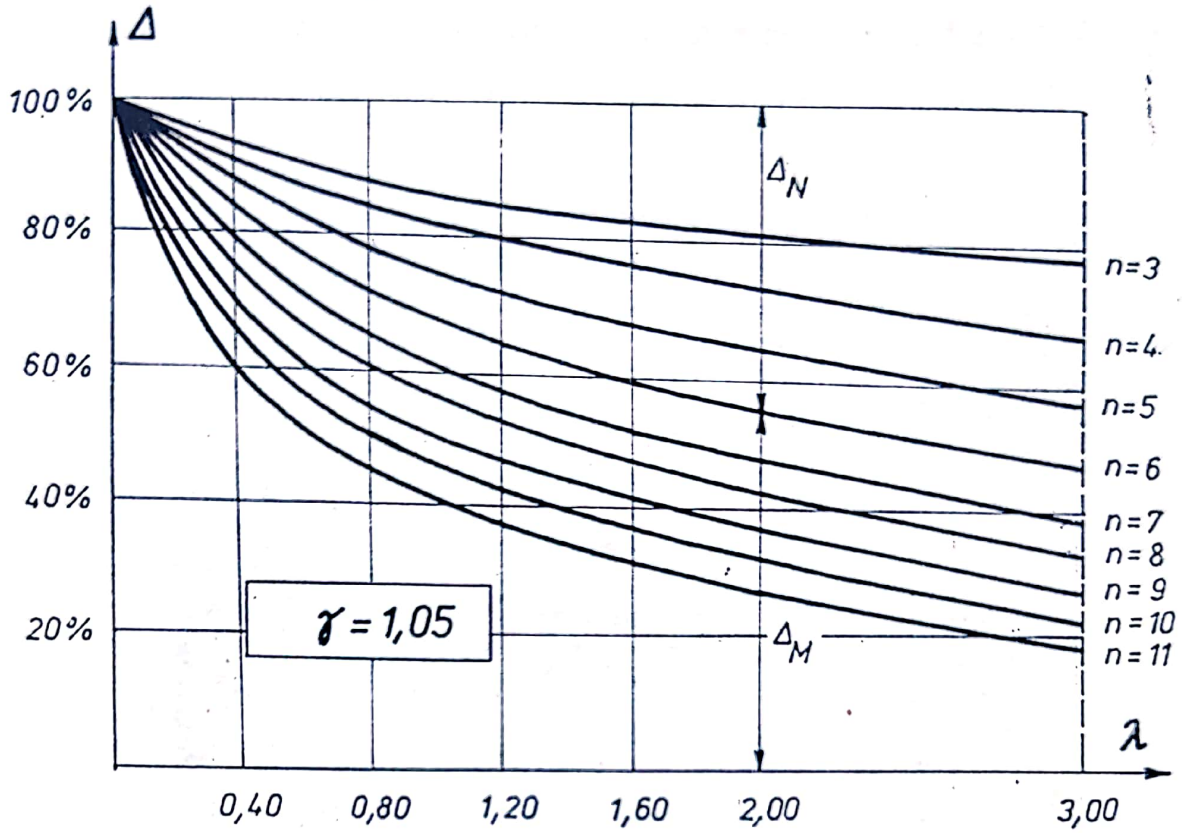


Fig. 9.8

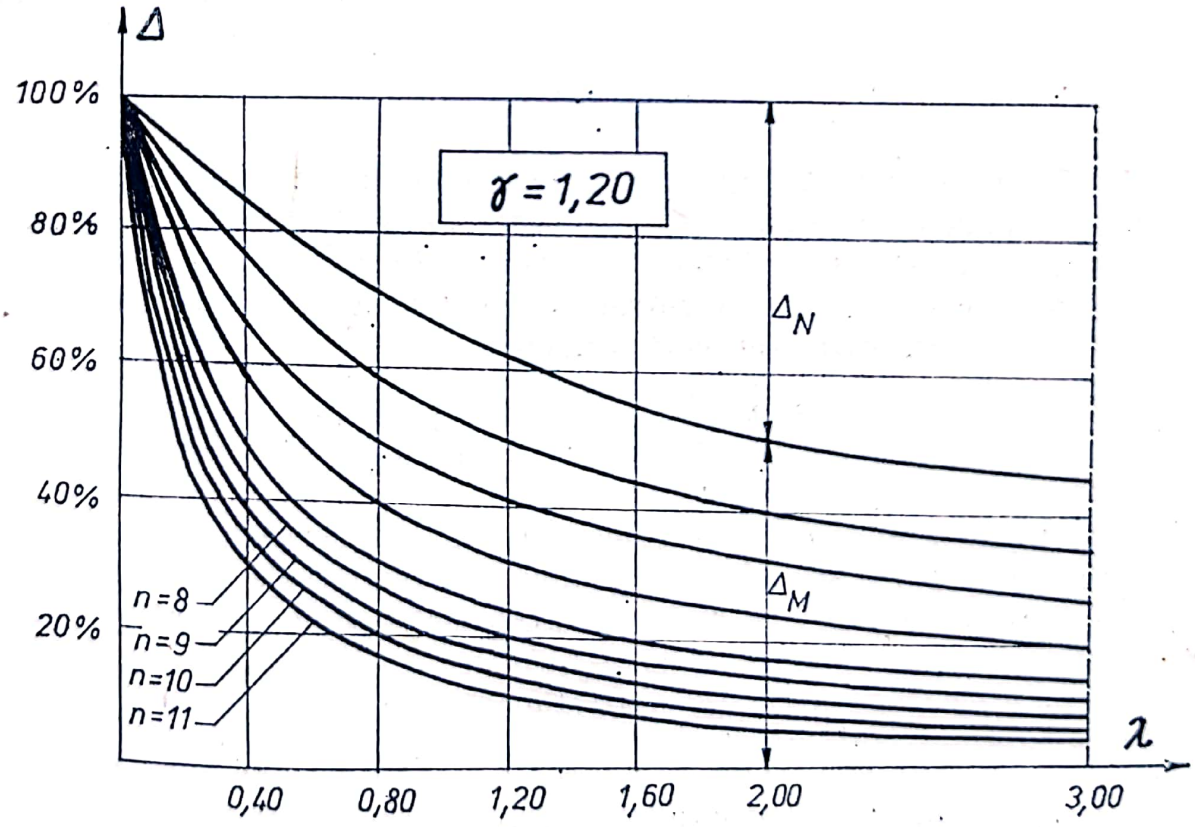


Fig. 9.9

Scanned with OKEN Scanner

9.3. Distribuția încărcărilor orizontale între diafragme

9.3.1. Centrul de rigiditate

În fig. 9.10, o diafragmă (A) din cadrul unei structuri este reprezentată raportată la un sistem de axe Ox, Oy, a cărui origine a fost luată în mod arbitrar într-unul din colțurile construcției. Se notează cu x_A, y_A coordonatele centrului de greutate al secțiunii active a diafragmei în raport cu aceste axe și cu K_{Ax}, K_{Ay} rigiditățile diafragmei după direcțiile x, y, definite în modul arătat la pct. 9.2.2.

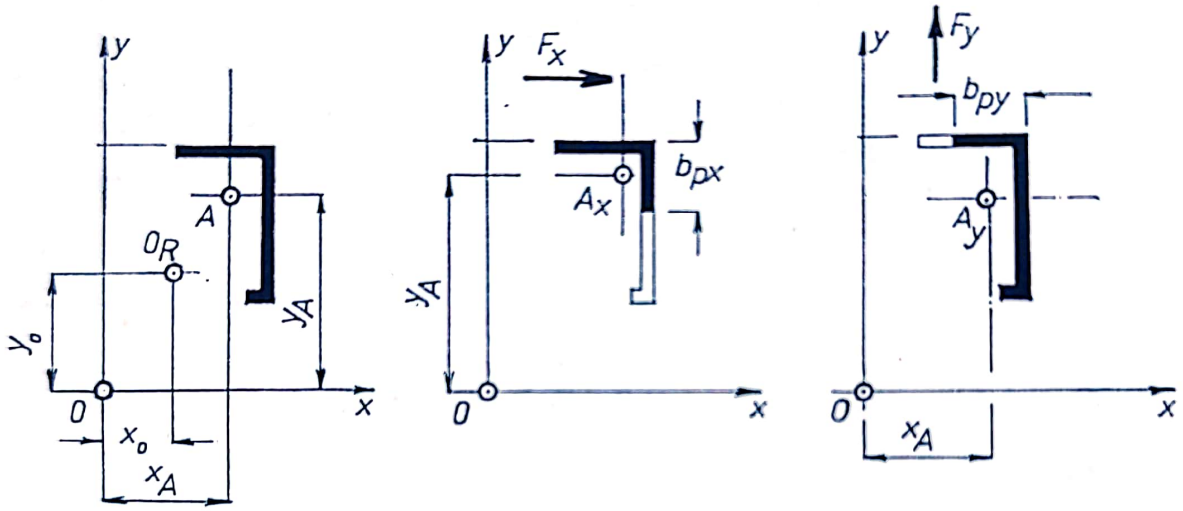


Fig. 9.10

O încărcare orizontală aplicată asupra construcției produce șaibelor formate din planșee o mișcare de translație „pură" (neînsoțită și de rotiri de torsiune generală) cînd direcția de acțiune a rezultantei trece prin *centrul de rigiditate al structurii* (centrul de greutate al ansamblului rigidităților diafragmelor), care are coordonatele:

$$x_0 = \frac{\sum K_{Ay}\, x_A}{\sum K_{Ay}}; \qquad y_0 = \frac{\sum K_{Ax}\, y_A}{\sum K_{Ax}}.$$

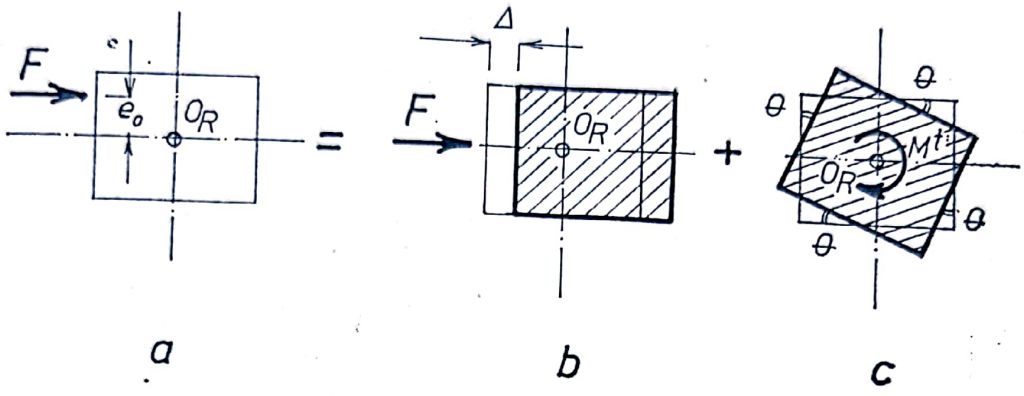
Dacă secțiunea activă a diafragmei (A) nu este aceeași după direcțiile x și y (fig. 9.10, *b*, *c*), atunci coordonatele centrului ei de greutate se stabilesc după fiecare direcție în raport cu secțiunea activă respectivă și intervin ca atare în expresiile lui x_0 și y_0.

La structurile monotone pe verticală, poziția centrului de rigiditate se determină la nivelul caracteristic și se consideră aceeași la toate nivelurile.

Cînd rezultanta F a încărcărilor orizontale este aplicată cu o excentricitate e_0 în raport cu centrul de rigiditate (fig. 9.11, *a*), generînd și un

Scanned with OKEN Scanner

moment de torsiune generală $M^t = F\,e_0$, deplasarea unei șaibe orizontale se poate descompune într-o translație Δ, produsă de forța F redusă la centrul de rigiditate (fig. 9.11, *b*) și o rotire θ produsă de M_t (Fig. 9.11, *c*).



a b c

Fig. 9.11

9.3.2. Distribuția între diafragme a unei forțe orizontale aplicate în centrul de rigiditate

Sub acțiunea unei încărcări orizontale după direcția x, a cărei rezultantă F_x este aplicată în centrul de rigiditate și care produce șaibei de la nivelul caracteristic o deplasare Δ_x, o diafragmă (A) de rigiditate K_{Ax} se va încărca cu o forță orizontală F_{Ax}. Prin definiția rigidității K_{Ax}:

$$F_{Ax} = K_{Ax}\,\Delta_x. \tag{9.11}$$

Condiția de echilibru este:

$$F_x = \Sigma F_{Ax} = \Sigma K_{Ax}\Delta_x = \Delta_x \Sigma K_{Ax}$$

de unde:

$$\Delta_x = \frac{F_x}{\Sigma K_{Ax}}\,.$$

Înlocuind în formula (9.11), rezultă:

$$\boxed{F_{Ax} = F_x \frac{K_{Ax}}{\Sigma K_{Ax}}} \tag{9.12}$$

(forța F_x se distribuie între diafragme proporțional cu rigiditățile lor).

Similar, pentru încărcări acționînd după direcția y:

$$F_{Ay} = F_y \frac{K_{Ay}}{\Sigma K_{Ay}}\,. \tag{9.13}$$

Scanned with OKEN Scanner

9.3.3. Eforturi în diafragme din acțiunea unui moment de torsiune generală [II.5, II.6, II.8, II.44]

În fig. 9.12 sînt reprezentate, în planul șaibei de la nivelul caracteristic, centrul de rigiditate O_R în care se aplică momentul de torsiune generală M^t și o diafragmă (A) materializată prin centrul de greutate A al secțiunii ei active.

x_A, y_A sînt coordonatele carteziene ale punctului A în raport cu O_{Rx}, O_{Ry};

r_A, θ_A — coordonatele polare ale aceluiași punct în raport cu O_R.

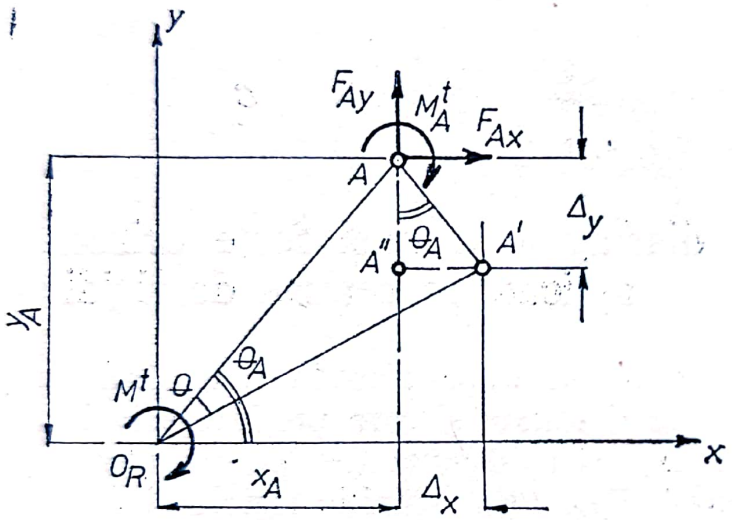


Fig. 9.12

Prin rotirea șaibei cu unghiul θ sub acțiunea momentului M^t, punctul A se deplasează în poziția A'. Proiecțiile deplasării AA' pe axele O_{Rx}, O_{Ry} sînt Δ_x, Δ_y. Din această deplasare, diafragma (A) se încarcă cu:

— o forță orizontală F_{Ax} după direcția x;

— o forță orizontală F_{Ay} după direcția y;

— un moment de torsiune M_A^t.

Convenția de semne:

Δ_x, Δ_y, F_{Ax}, F_{Ay} pozitive în sensurile pozitive ale axelor O_{Rx}, O_{Ry}; θ, M^t, M_A^t pozitive în sens orar.

În figură, F_{Ax}, F_{Ay}, θ, M^t sînt reprezentate cu sensurile lor pozitive. Se vede de asemenea din figură că la θ (+) corespund Δ_x (+) și Δ_y (−).

Se exprimă Δ_x, Δ_y în funcție de θ, ceea ce rezultă din relațiile:

$$x_A = r_A \cos \theta_A; \quad y_A = r_A \sin \theta_A$$

$$AA' = r_A\theta = \frac{x_A}{\cos \theta_A}\theta = \frac{y_A}{\sin \theta_A}\theta$$

$$\Delta_x = A''A' = AA' \sin \theta_A = \frac{y_A}{\sin \theta_A}\theta \sin \theta_A = y_A\theta$$

$$\Delta_y = AA'' = AA' \cos \theta_A = \frac{x_A}{\cos \theta_A}\theta \cos \theta_A = x_A\theta.$$

Cu semnele lor:

$$\Delta_x = + y_A\theta; \quad \Delta_y = - x_A\theta. \tag{9.14}$$

Scanned with OKEN Scanner

Forțele orizontale cu care se încarcă diafragma (A), exprimate în funcție de deplasări, sînt:

$$F_{Ax} = K_{Ax}\Delta_x = +K_{Ax}y_A\theta;\ F_{Ay} = K_{Ay}\Delta_y = -K_{Ay}x_A\theta. \qquad (9.15)$$

Ecuația de echilibru a momentelor în jurul punctului O_R:

$$M^t = \Sigma F_{Ax}y_A - \Sigma F_{Ay}x_A + \Sigma M_A^t .$$

Neglijînd rigiditățile la torsiune ale diafragmelor ($\Sigma M_A^t \approx 0$) și înlocuind forțele F_{Ax}, F_{Ay} cu expresiile lor (9.15) în funcție de deplasări, rezultă:

$$M^t = \theta\,(\Sigma K_{Ax}y_A^2 + \Sigma K_{Ay}x_A^2)$$

de unde:

$$\theta = \frac{M^t}{\Sigma K_{Ax}y_A^2 + \Sigma K_{Ay}x_A^2}.$$

Înlocuind în formulele (9.15), rezultă:

$$F_{Ax} = \frac{K_{Ax}y_A}{\Sigma K_{Ax}y_A^2 + \Sigma K_{Ay}x_A^2}M^t$$

$$F_{Ay} = -\frac{K_{Ay}x_A}{\Sigma K_{Ax}y_A^2 + \Sigma K_{Ay}x_A^2}M^t. \qquad (9.16)$$

Coordonatele x_A, y_A intră în aceste expresii cu semnele lor, astfel că F_{Ax}, F_{Ay} produse de M^t intervin cu semnul + sau −, după cum punctul A se găsește de o parte sau de alta a axelor principale ale structurii. În fig. 9.13 sînt arătate exemplificativ sensurile acestor forțe în diafragmele unei structuri de tip „fagure".

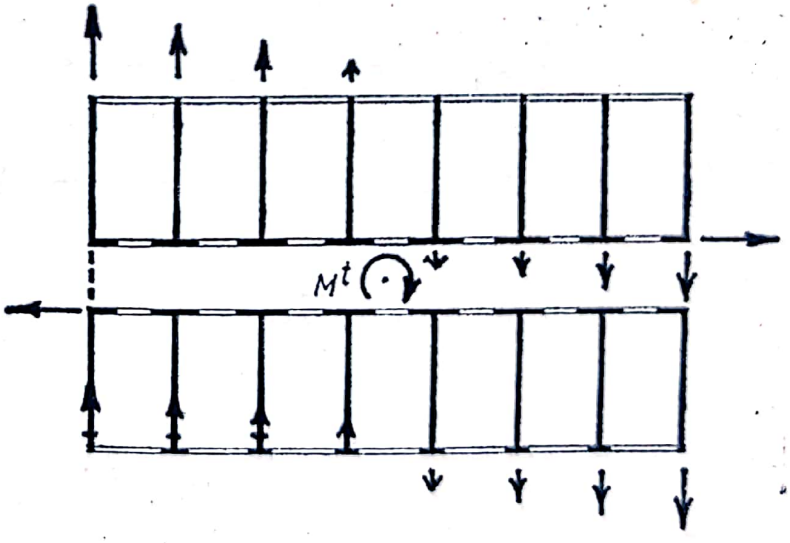


Fig. 9.13

Se observă că numitorul formulelor (9.16) are semnificația unui *moment de inerție polar al rigidităților diafragmelor:*

$$I_p = \Sigma K_{Ax}\,y_A^2 + \Sigma K_{Ay}\,x_A^2$$

Scanned with OKEN Scanner

cu care se poate scrie:

$$F_{Ax} = \frac{K_{Ax}\, y_A}{I_p} M^t \; ; \; F_{Ay} = -\frac{K_{Ay}\, x_A}{I_p} M^t.$$

Este ușor de remarcat analogia între forma acestor relații și a celei cunoscute din calculul la torsiune al barelor pline cu secțiune circulară:

$$\tau = \frac{y}{I_p} M^t.$$

Originea analogiei provine din ipoteza comună pe care se bazează: considerarea șaibelor orizontale ca indeformabile în planul lor atrage după sine admiterea unei variații liniare a deplasărilor pe înălțimea lor (fig. 9.11, *c*), în același mod în care în cazul barelor cu secțiune plină supuse la torsiune ipoteza secțiunilor plane se traduce printr-o variație liniară a deformațiilor specifice pe înălțimea secțiunii.

9.3.4. Eforturi totale în diafragme din acțiunea unei încărcări orizontale aplicate excentric

Considerînd structura acționată de o încărcare orizontală F_x aplicată cu o excentricitate e_0 în raport cu centrul de rigiditate, rezultă prin însumarea expresiilor (9.12) și (9.16):

$$F_{Ax} = F_x \frac{K_{Ax}}{\Sigma K_{Ax}} \pm F_x\, e_0 \frac{K_{Ax}\, y_A}{\Sigma K_{Ax}\, y_A^2 + \Sigma K_{Ay}\, x_A^2} \qquad (9.17)$$

$$F_{Ay} = \mp F_x\, e_0 \frac{K_{Ay}\, x_A}{\Sigma K_{Ax}\, y_A^2 + \Sigma K_{Ay}\, x_A^2}$$

sau, dacă se înlocuiesc rigiditățile prin momentele de inerție echivalente corespunzătoare:

$$\boxed{\begin{aligned} F_{Ax} &= F_x \left[\frac{\bar{I}_{eAx}}{\Sigma \bar{I}_{eAx}} \pm \frac{e_0\, y_A\, \bar{I}_{0Ax}}{\Sigma \bar{I}_{eAx}\, y_A^2 + \Sigma \bar{I}_{eAy}\, x_A^2} \right] \\ F_{Ay} &= \mp F_x \frac{e_0\, x_A\, \bar{I}_{eAy}}{\Sigma \bar{I}_{eAx}\, y_A^2 + \Sigma \bar{I}_{eAy}\, x_A^2}. \end{aligned}} \qquad (9.18)$$

Exemplul de calcul 7. Distribuția încărcării orizontale între diafragmele unei structuri.

Se determină încărcările orizontale aferente diafragmelor unei structuri cu 9 niveluri, cu dispoziția în plan din fig. 9.14 și cu înălțimile etajelor

Scanned with OKEN Scanner

de 2,75 m ($H = 9 \cdot 2,75 = 24,75$ m), dintr-o încărcare seismică acționînd în sens transversal construcției.

Gradul de protecție antiseismică: 8, teren de fundare normal. Încărcarea gravitațională totală pe un nivel: 3 500 kN. Planșeele sînt monolite, iar înălțimile riglelor de cuplare la diafragmele cu goluri sînt $h_r = 60$ cm. Se ia $E_r/E_m = 0,25$.

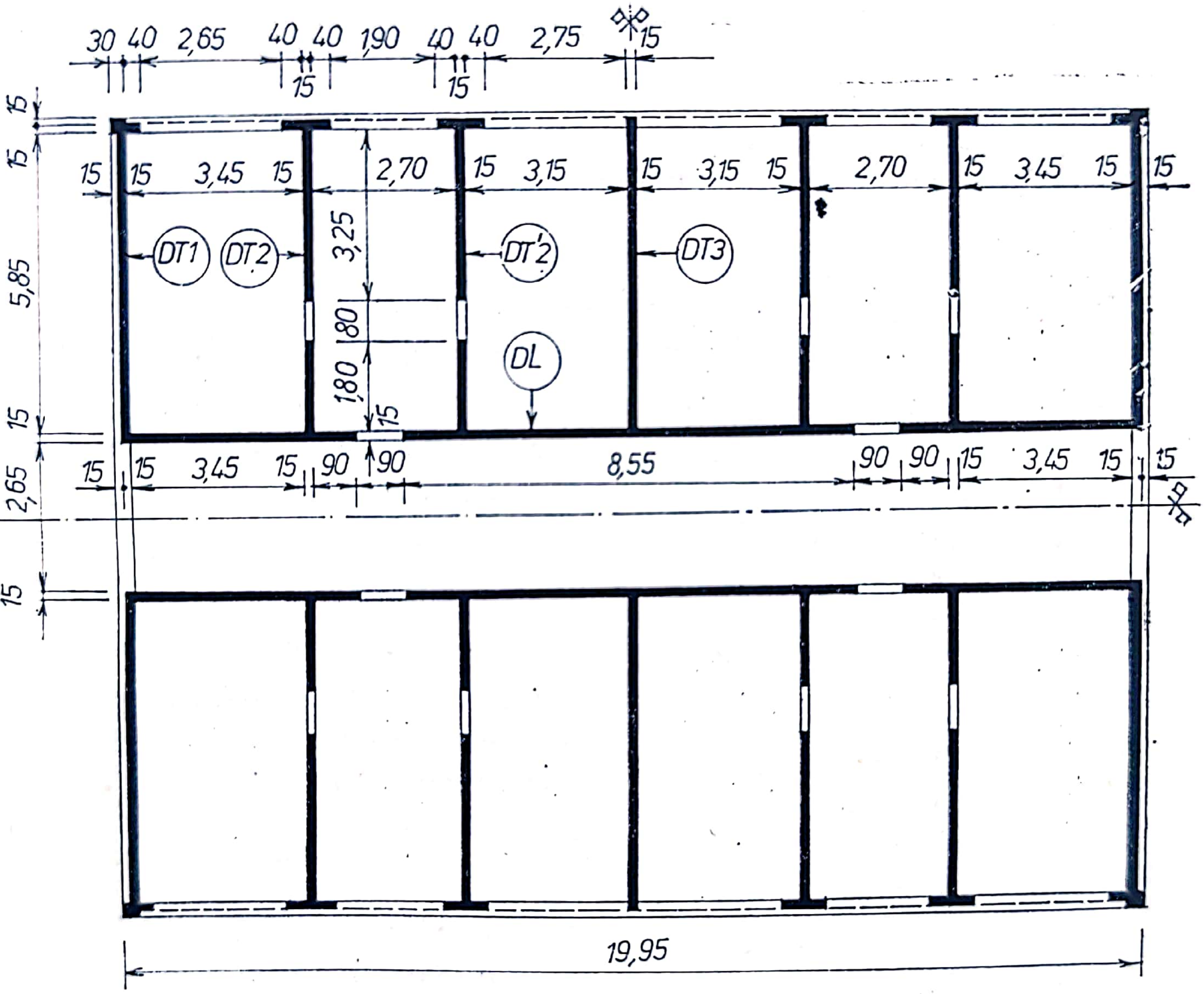


Fig. 9.14

Structura este simetrică după ambele direcții. În conformitate cu prevederile prescripțiilor în vigoare, rezultanta încărcărilor orizontale seismice este aplicată cu o excentricitate: $e_0 = 0,05 \cdot 19,95 = 1,00$ m în raport cu centrul de rigiditate, care în acest caz coincide cu centrul de simetrie.

Structura cuprinde 4 tipuri de diafragme: în sens longitudinal diafragmele *DL*, iar în sens transversal *DT1*, *DT3* (pline) și *DT2* (cu goluri). Diafragmele *DT2* și *DT'2* se deosebesc între ele numai printr-o diferență de 15 cm la lățimea tălpii, astfel că s-au considerat în calcul ambele egale cu dimensiunile celei mai mici.

Scanned with OKEN Scanner

Din figură se vede că toate diafragmele în afară de *DT1* sînt cele care au fost studiate ca elemente independente în exemplele de calcul anterioare, și anume:

— *DT2* în exemplele 3 (fig. 8.23) și 6, pct. c;
— *DT3* în exemplul 6, pct. a (fig. 9.3);
— *DL* în exemplele 5 (fig. 8.32) și 6, pct. e.

Datele necesare se preiau din aceste exemple.

a) *Încărcarea seismică*

După tabelul din normativul P. 100—80, pentru structuri cu diafragme la clădiri peste 5 niveluri, în condiții normale de fundare, se ia: $S = 0{,}38\, k_s Q$, unde:

Q este încărcarea gravitațională totală;
k_s — 0,20 pentru gradul de protecție antiseismică 8.

Forța seismică orizontală totală acționînd după direcția transversală construcției (S_y) va fi deci:

$$S_y = 0{,}38 \cdot 0{,}20 \cdot 9 \cdot 3\,500 = 2.394\ \text{kN}.$$

Cu formula (8.24):

$$q_{sy} = \frac{2\,nS_y}{(n+1)\,H} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 2\,394}{(9+1)\,24{,}75} = 175\ \text{kN/m}.$$

b) *Momentele de inerție echivalente ale diafragmelor*

— Diafragma *DT1* (fig. 9.15):

$$\Delta b_{dr} = \frac{3{,}45}{2} = 1{,}725\ \text{m};\quad b_p = b + \Delta b_{dr} = 0{,}15 + 1{,}725 = 1{,}875\ \text{m}$$

$$A_m = 0{,}15\,(0{,}30 + 0{,}70 + 5{,}85 + 1{,}875) = 1{,}309\ \text{m}^2$$

$$y_G = \frac{0{,}15}{1{,}309}(0{,}30 \cdot 0{,}075 + 0{,}70 \cdot 0{,}225 + 5{,}85 \cdot 3{,}225 + 1{,}875 \cdot 6{,}15) = 3{,}50\ \text{m}$$

$$I_m = I_0 = \frac{0{,}30 \cdot 0{,}15^3}{12} + \frac{0{,}70 \cdot 0{,}15^3}{12} + \frac{0{,}15 \cdot 5{,}85^3}{12} + \frac{1{,}875 \cdot 0{,}15^3}{12} +$$

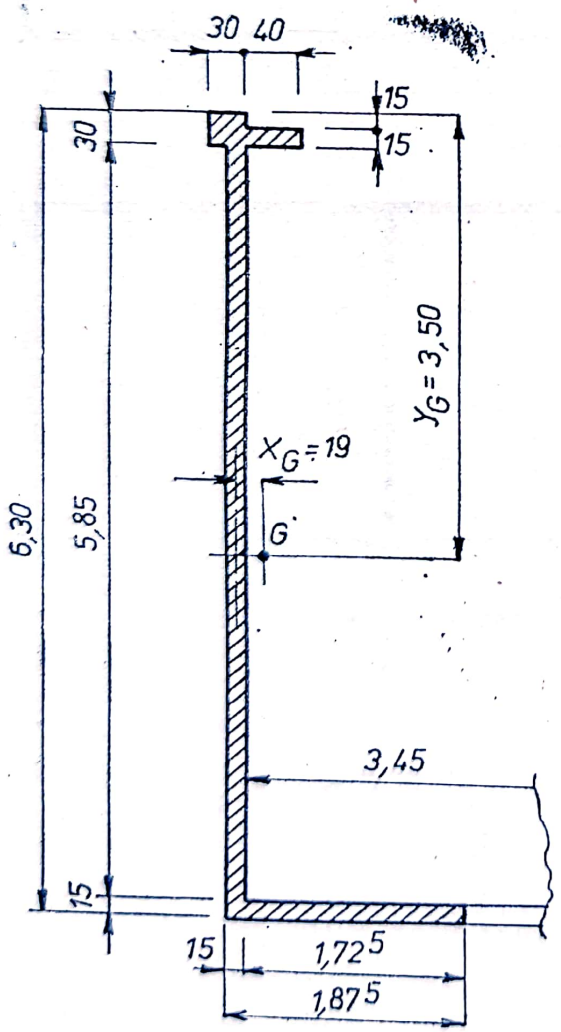


Fig. 9.15

Scanned with OKEN Scanner

$$+ 0{,}15 \cdot 0{,}30 \cdot 3{,}425^2 + 0{,}15 \cdot 0{,}70 \cdot 3{,}275^2 + 0{,}15 \cdot 5{,}85 \cdot 0{,}275^2 +$$

$$+ 0{,}15 \cdot 1{,}875 \cdot 2{,}65^2 = 6{,}200 \text{ m}^4.$$

Pentru secțiuni în formă de I:

$$A_{mt} = \frac{0{,}15 \cdot 6{,}30}{1{,}0} = 0{,}945 \text{ m}^2.$$

Din tabelul 10, pentru 9 niveluri, se găsește $\nu_s = 11{,}50$. Diafragma fiind plină, $\eta_s = 1$.

$$\bar{I}_{es} = \frac{6{,}200}{1 + 11{,}50 \dfrac{6{,}200}{0{,}945 \cdot 24{,}75^2}} = 5{,}521 \text{ m}^4.$$

— Diafragma *DT2*: Din exemplul 6, pct. c: $\lambda = 0{,}170$; $\gamma = 1{,}163$; $\Sigma A_{mt} = 0{,}730$ m^2; $I_0 = 6{,}921$ m^4. Din tabelul 17, $\eta_s = 0{,}481$. Ca și la diafragma *DT1*, $\nu_s = 11{,}50$.

$$\bar{I}_{es} = \frac{0{,}481 \cdot 6{,}921}{1 + 11{,}50 \dfrac{0{,}481 \cdot 6{,}921}{0{,}730 \cdot 24{,}75^2}} = 3{,}067 \text{ m}^4.$$

— Diafragma *DT3*: Din exemplul 6, pct. a: $\bar{I}_{es} = 5{,}064$ m^4.
— Diafragma *DL*: Din exemplul 6, pct. e: $\lambda = 0{,}051$; $\delta = 1{,}135$; $\Sigma A_{mt} = 2{,}337$ m^2; $I_0 = 153{,}4$ m^4. Din tabelul 17, $\eta_s = 0{,}265$. Ca și la celelalte diafragme: $\nu_s = 11{,}50$.

$$\bar{I}_{es} = \frac{0{,}265 \cdot 153{,}4}{1 + 11{,}50 \dfrac{0{,}265 \cdot 153{,}4}{2{,}337 \cdot 24{,}75^2}} = 30{,}64 \text{ m}^4.$$

c) *Distanțele de la centrele de greutate ale secțiunilor diafragmelor la axele $O_R x$, $O_R y$.*
— Diafragmele *DT1* (fig. 9.15): $A_m = 1{,}309$ m^2
În raport cu axa inimii:

$$x_G = \frac{1}{1{,}309}(0{,}15 \cdot 0{,}30 \cdot 0{,}225 - 0{,}40 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}275 -$$

$$- 1{,}725 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}94) = -0{,}19 \text{ m}.$$

În raport cu $O_R y$:

$$x_{DT1} = 3{,}60 + 2{,}85 + 3{,}30 - 0{,}19 = 9{,}56 \text{ m}.$$

Scanned with OKEN Scanner

— Diafragma *DT2* (fig. 9.16): Din exemplul 3: $\Sigma A_m = 0{,}630 + 0{,}663 = 1{,}293$ m².

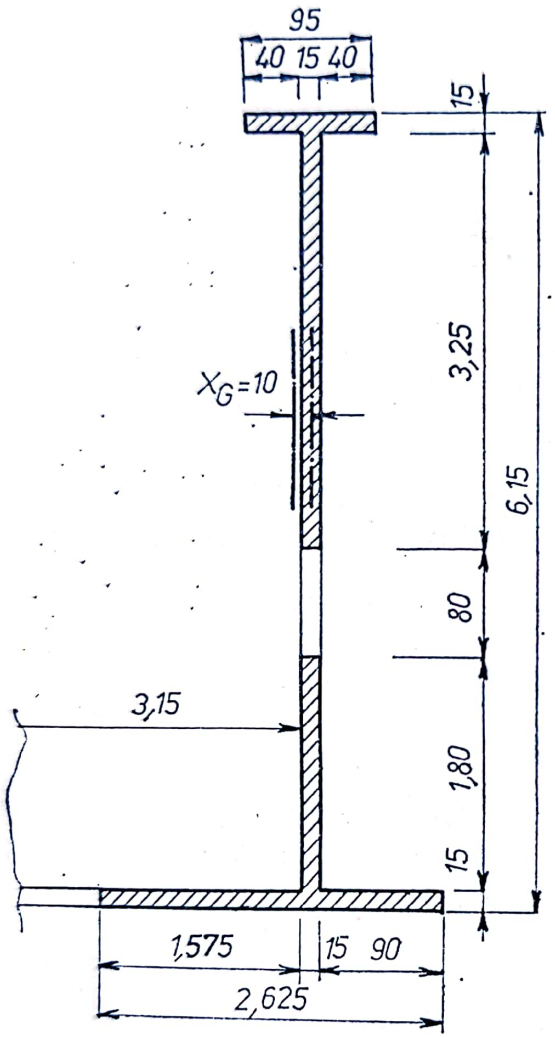


Fig. 9.16

În raport cu axa inimii:

$$x_G = + \frac{2{,}625 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}34}{1{,}293} = + 0{,}10 \text{ m.}$$

În raport cu $O_R y$:

$x_{DT'2} = 2{,}85 + 3{,}30 + 0{,}10 = 6{,}25$ m.

— Diafragma *DT'2*: $x_G = -0{,}10$ m;

$x_{DT'2} = 3{,}30 - 0{,}10 = 3{,}20$ m.

— Diafragma *DL* (fig. 9.17): Din exemplul 5: $\Sigma A_m = 2 \cdot 1{,}148 + 1{,}957 = 4{,}253$ m².

În raport cu axa inimii:

$$y_G = \frac{7 \cdot 1{,}50 \cdot 0{,}1 \cdot 50{,}825}{4{,}253} = 0{,}30 \text{ m.}$$

În raport cu $O_R x$:

$y_{DL} = 1{,}40 + 0{,}30 = 1{,}70$ m.

d) *Coeficienții de distribuție a încărcării orizontale*

S-au luat în considerare în calcul numai rigiditățile K_{Ay} pentru diafragmele transversale și K_{Ax} pentru cele longitudinale. Calculele intermediare sînt concentrate sub formă tabelară.

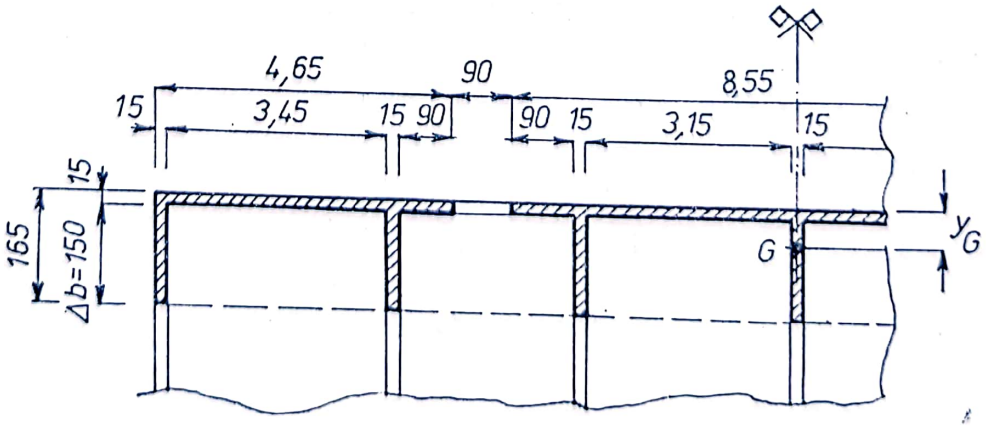


Fig. 9.17

Scanned with OKEN Scanner

— Diafragmele după direcția de acțiune a încărcării orizontale (y):

Tipul	Nr. de elemente (n_D)	$\bar{I}_{esy}$ (m⁴)	$n_D\bar{I}_{esy}$ (m⁴)	$\frac{\bar{I}_{esy}}{\Sigma\bar{I}_{esy}} = \frac{\bar{I}_{esy}}{56{,}75}$	x_A (m)	$n_D\bar{I}_{esy}x_A^2$	$\frac{\bar{I}_{esy}x_A}{\Sigma\bar{I}_{esy}x_A^2+\Sigma\bar{I}_{esx}y_A^2} = \frac{\bar{I}_{esy}x_A}{2\,800}$
DT1	4	5,521	22,08	0,0973	9,56	2 018,0	0,0188
DT2	4	3,067	12,27	0,0540	6,25	479,2	0,0068
DT'2	4	3,067	12,27	0,0540	3,20	125,6	0,0035
DT3	2	5,064	10,13	0,0892	0	0	0
			56,75			2 622,8	

— Diafragmele perpendiculare pe direcția de acțiune a încărcării orizontale (x):

Tipul	Nr. de elemente (n_D)	$\bar{I}_{esx}$ (m⁴)	$n_D\bar{I}_{esx}$ (m⁴)	y_A (m)	$n_D\bar{I}_{esx}y_A^2$	$\frac{\bar{I}_{esx}y_A}{\Sigma\bar{I}_{esy}x_A^2+\Sigma\bar{I}_{esx}y_A^2} = \frac{\bar{I}_{esx}y_A}{2\,800}$
DL	2	30,64	61,28	1,70	177,2	0,0186

$$\Sigma\left(\bar{I}_{esx}y_A^2+\bar{I}_{esy}x_A^2\right) = 2\,622{,}8 + 177{,}2 = 2\,800.$$

e) *Încărcări orizontale repartizate diafragmelor* [cu formulele (9.18)]:

$$e_0 = 1{,}00 \text{ m};$$

— la diafragmele transversale:

$$q_{Ay} = q_{sy}\left[\frac{\bar{I}_{esy}}{\Sigma\bar{I}_{esy}} \pm \frac{e_0 x_A \bar{I}_{esy}}{\Sigma\bar{I}_{esx}y_A^2+\Sigma\bar{I}_{esy}x_A^2}\right]$$

DT1: $q_{Ay} = 175\,(0{,}0973 \pm 1{,}00\cdot 0{,}0188)$ → 2,03 kN/m; 13,7 kN/m;

DT2: $q_{Ay} = 175\,(0{,}0540 \pm 1{,}00\cdot 0{,}0068)$ → 10,6 kN/m; 8,3 kN/m;

Scanned with OKEN Scanner

$$DT'2: \quad q_{Ay} = 175\,(0{,}0540 \pm 1{,}00 \cdot 0{,}0035) \begin{cases} 10{,}1 \text{ kN/m}; \\ 8{,}8 \text{ kN/m}; \end{cases}$$

$$DT3: \quad q_{Ay} = 175\,(0{,}0892 \pm 0) = 15{,}6 \text{ kN/m};$$

— la diafragmele longitudinale:

$$q_{Ax} = \mp q_{sy} \frac{e_0 y_A \bar{I}_{exs}}{\Sigma \bar{I}_{esx} y_A^2 + \Sigma \bar{I}_{esy} x_A^2};$$

$$DL: \quad q_{Ax} = \pm 175 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}0186 = \mp 3{,}3 \text{ kN/m}.$$

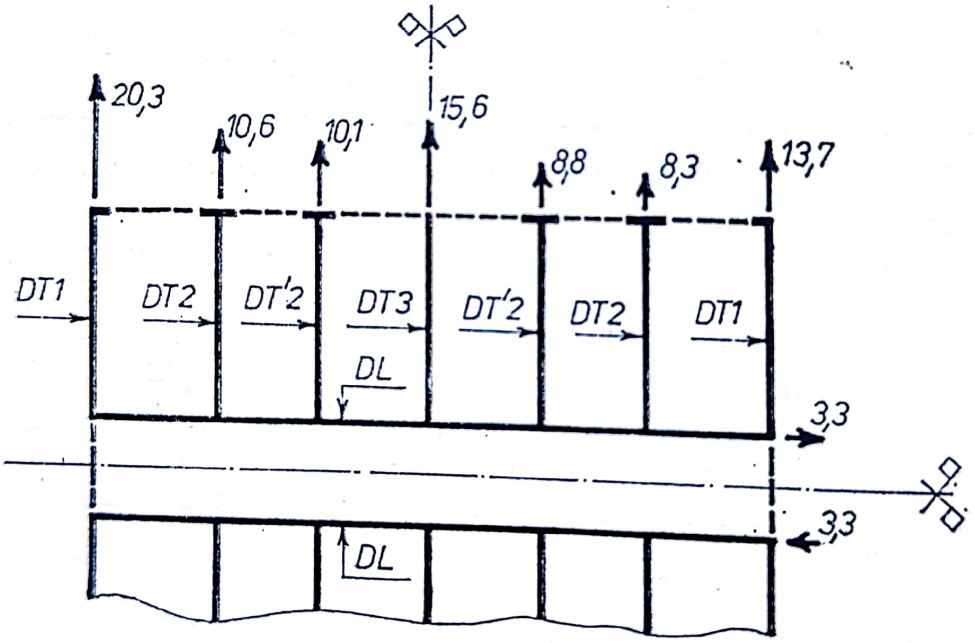


Fig. 9.18

În fig. 9.18 sînt reprezentate forțele q_{Ax}, q_{Ay} cu care se încarcă diafragmele în ipoteza considerată.

Cu aceste încărcări, eforturile în fiecare diafragmă se determină în modul arătat în cadrul cap. 8 (exemplele 1—5).

Scanned with OKEN Scanner

10. METODA STRUCTURII CONTINUE ÎNLOCUITOARE

10.1. Determinarea eforturilor secționale în diafragme-scară simetrice

Considerînd o diafragmă simetrică, cu un șir de goluri în axă (fig. 10.1), legăturile reale discrete formate din riglele dispuse la intervale finite $\Delta x = H_e$ se înlocuiesc în calcul printr-o legătură echivalentă continuă, realizată prin rigle fictive dispuse la intervale infinit mici dx. Necunoscutele static nedeterminate sînt forțele de legătură transmise de aceste rigle montanților și care la un nivel curent j, situat la înălțimea x de la baza diafragmei, au valoarea T_j. Legea lor de variație pe înălțime este dată de funcția $T_j = f(x)$ care se exprimă printr-o ecuație diferențială.

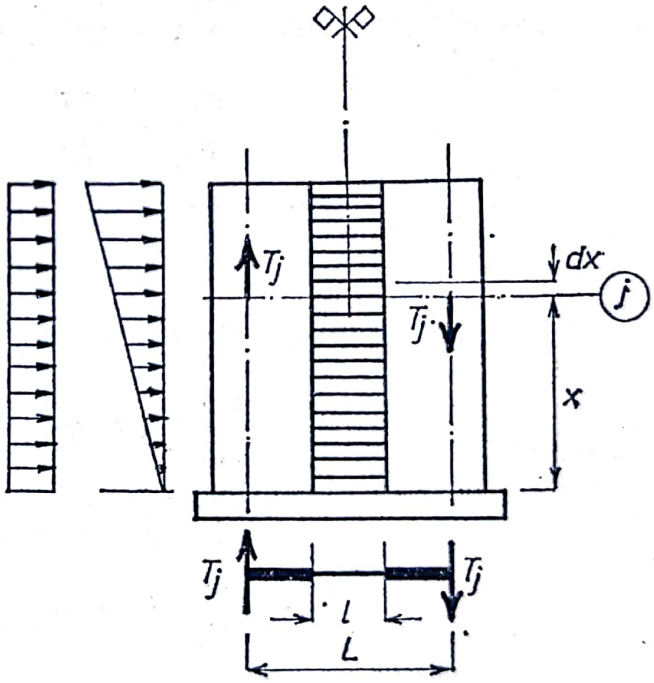


Fig. 10.1

10.1.1. Deducerea ecuației $T_j = f(x)$ din ecuațiile stabilite pentru structura reală cu legături discrete [II.4]

S-a arătat la pct. 7.3.2 că dacă ecuația diferențială $T_j = f(x)$ se transpune în diferențe finite, se găsește sistemul de ecuații algebrice liniare corespunzător structurii reale cu legături discrete (cadru etajat). Ecuația diferențială poate fi deci dedusă din acesta, urmînd calea inversă.

În prealabil, sistemul de ecuații (8.20):

$$-M_i + M_j(2 + \lambda\gamma) - M_k = -\lambda\overline{M}_j$$

Scanned with OKEN Scanner

se transformă introducînd în locul momentelor M_j de la capetele riglelor forțele de legătură $T_j = 2\,M_j/L$ și în locul momentului neechilibrat de nod $\overline{M_j}$ expresia lui (8.1), (8.8):

$$\overline{M_j} = \frac{T_j\,L}{2}\;;\quad \overline{M_j} = \overline{M_{ji}} + \overline{M_{jk}} = -\,\frac{Q_{ij} + Q_{jk}}{4}\,H_e.$$

Se obține:

$$-\,\frac{T_i L}{2} + \frac{T_j\,L}{2}\,(2 + \lambda\gamma) - \frac{T_k\,L}{2} = +\,\frac{\lambda\,H_e}{4}\,(Q_{ij} + Q_{jk})$$

sau, împărțind ambii termeni cu $L/2$:

$$-\,(T_i - 2T_j + T_k) + \lambda\gamma T_j = +\,\frac{\lambda\,H_e}{2\,L}\,(Q_{ij} + Q_{jk}). \qquad (10.1)$$

În structura înlocuitoare cu legături continue din fig. 10.1, derivatele de ordinul I și II ale funcției $T_j = f(x)$, scrise în diferențe finite, luînd pasul egal cu înălțimea unui etaj ($\Delta x = H_e$), sînt:

$$\frac{\mathrm{d}T_j}{\mathrm{d}x} \approx \frac{\Delta T_j}{\Delta x} = \frac{T_j - T_k}{H_e}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2T_j}{\mathrm{d}x^2} \approx \frac{\Delta^2 T_j}{\Delta x^2} = \frac{(T_i - T_j) - (T_j - T_k)}{H_e^2} = \frac{T_i - 2\,T_j + T_k}{H_e^2}\,.$$

Înlocuind în relația (10.1), se obține:

$$-\,H_e^2\,\frac{\Delta^2\,T_j}{\Delta x^2} + \lambda\gamma T_j = \frac{\lambda\,H_e}{2\,L}\,(Q_{ij} + Q_{jk})$$

sau:

$$\frac{\Delta^2 T_j}{\Delta x^2} - \frac{\lambda\gamma}{H_e^2}\,T_j = -\,\frac{\lambda}{2\,LH_e}\,(Q_{ij} + Q_{jk}).$$

Trecînd de la Δx la $\mathrm{d}x$, diferența între Q_{ij} și Q_{jk} devine infinit mică, astfel că se poate scrie: $Q_{ij} \approx Q_{jk} = Q_j$ și se ajunge la forma:

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}^2T_j}{\mathrm{d}x^2} - \frac{\lambda\gamma}{H_e^2}\,T_j = -\,\frac{\lambda}{LH_e}\,Q_j} \qquad (10.2)$$

care reprezintă ecuația diferențială căutată.

Scanned with OKEN Scanner

10.1.2. Deducerea directă a ecuației $T_j = f(x)$ pe structura înlocuitoare cu legături continue [II.9, II.33]

Notații (fig. 10.2):

j — nivel curent (conform fig. 10.1);
φ_j — distorsiunea la nivelul riglei (j);
φ_{j0} — idem, în cazul cînd nu se ține seama în calcul de deformabilitatea axială a montanților;

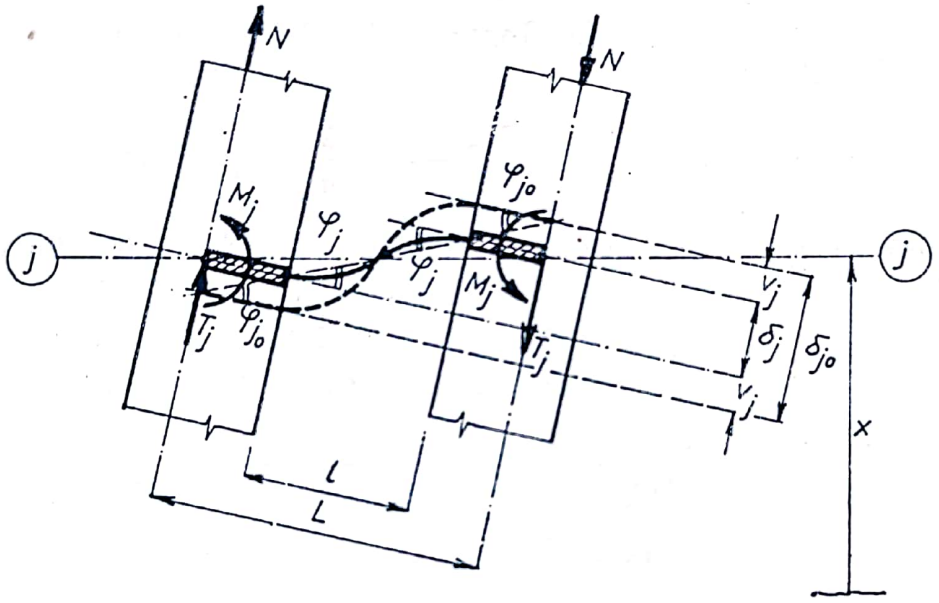


Fig. 10.2

$\delta_j = L\varphi_j$ — denivelarea capetelor riglei (j);
$\delta_{j0} = L\varphi_{j0}$ — idem, în cazul cînd nu se ține seama în calcul de deformabilitatea axială a montanților;
v_j — micșorarea denivelării δ_{j0} prin deformația axială a unuia din montanți ($\delta_j = \delta_{j0} - 2v_j$);
$M_j = -K_j\varphi_j$ — momentele la capetele riglei (j);
$T_j = -2M_j/L$ — forțele tăietoare de la capetele riglei (j), transmise ca eforturi axiale montanților;
$\tau_j = T_j/H_e$ — forța tăietoare T_j distribuită pe înălțimea H_e a unui etaj (forța tăietoare transmisă montanților în structura continuă înlocuitoare);
N — efortul axial din montanți, care la nivelul riglei (j) are valoarea N_j;
M_{mj} — momentele încovoietoare din montanți la nivelul riglei (j);
Q_j — forța tăietoare exterioară la nivelul riglei (j).

Scanned with OKEN Scanner

$$M_j = -\frac{T_j L}{2}\ ;\ \varphi_{j0} = -\frac{M_j}{K_j} = +\frac{T_j L}{2 K_j}$$

$$\delta_{j0} = L\varphi_{j0} = \frac{T_j L^2}{2 K_j}$$

$$v_j = \int_0^x \frac{N}{E_m A_m}\,dx = \frac{1}{E_m A_m}\int_0^x N\,dx$$

$$\delta_j = \delta_{j0} - 2 v_j = \frac{T_j L^2}{2 K_j} - \frac{2}{E_m A_m}\int_0^x N\,dx.$$

Dacă $y = f(x)$ este ecuația fibrei medii deformate a unui montant, rotirea la nivelul riglei (j) va fi:

$$y' = \varphi_j = \frac{\delta_j}{L} = \frac{T_j L}{2 K_j} - \frac{2}{E_m A_m L}\int_0^x N\,dx.$$

Derivînd de două ori pe y', se obține expresia forței tăietoare din montant:

$$y'' = \frac{dT_j}{dx}\cdot\frac{L}{2 K_j} - \frac{2 N_j}{E_m A_m L}$$

$$y''' = \frac{d^2 T_j}{dx^2}\cdot\frac{L}{2 K_j} - \frac{2}{E_m A_m L}\cdot\frac{dN_j}{dx} \qquad (10.3)$$

$$\text{Dar } \frac{dN_j}{dx} = \tau_j = \frac{T_j}{H_e}$$

$$y''' = \frac{d^2 T_j}{dx^2}\cdot\frac{L}{2 K_j} - \frac{2 T_j}{E_m A_m L H_e}\,.$$

Pe de altă parte,

$$y'' = \frac{M_{mj}}{E_m I_m}\,,\ \text{respectiv: } y''' = \frac{dM_{mj}}{dx}\cdot\frac{1}{E_m I_m}\,.$$

Forța tăietoare exterioară preluată de fiecare din cei doi montanți este $Q_j/2$. Atunci:

$$\frac{dM_{mj}}{dx} = -\frac{Q_j}{2} + \frac{M_j}{H_e} = -\frac{Q_j}{2} + \frac{T_j\,\frac{L}{2}}{H_e}$$

cu care:

$$y''' = \frac{1}{E_m I_m}\left(-\frac{Q_j}{2} + \frac{T_j L}{2 H_e}\right). \qquad (10.4)$$

Scanned with OKEN Scanner

Din egalarea expresiilor (10.3) și (10.4) rezultă:

$$y''' = \frac{d^2T_j}{dx^2} \cdot \frac{L}{2K_j} - \frac{2T_j}{E_m A_m L H_e} = -\frac{Q_j}{2E_m I_m} + \frac{T_j L}{2E_m I_m H_e}$$

sau:

$$\frac{d^2T_j}{dx} - \frac{K_j}{E_m I_m H_e}\left[1 + \frac{4I_m}{A_m L^2}\right] T_j = -\frac{K_j}{E_m I_m L} Q_j.$$

Se observă că: $1 + \frac{4I_m}{A_m L^2} = \gamma$ (8.18) și $\frac{E_m I_m}{H_e} = K_m$ (8.5), deci:

$$\frac{K_j}{E_m I_m} = \frac{K_j}{K_m H_e} = \frac{\lambda}{H_e}.$$

Cu aceste transformări, ecuația devine:

$$\frac{d^2T_j}{dx^2} - \frac{\lambda\gamma}{H_e^2} T_j = -\frac{\lambda}{L H_e} Q_j$$

deci s-a regăsit relația (10.2).

10.1.3. Coeficientul de „monolitism" [II.9]

Ecuația (10.2) se poate scrie sub forma prescurtată:

$$\frac{d^2T_j}{dx^2} - \omega^2 T_j = -\frac{H_e \omega^2}{\gamma L} Q_j \qquad (10.5)$$

unde s-a notat: $\omega = \frac{\sqrt{\lambda\gamma}}{H_e}$. (10.6)

Coeficientul $\alpha = \omega H = \omega(nH_e) = n\sqrt{\lambda\gamma}$ (10.7)

are caracterul unui factor global de transformare a structurii reale cu legături discrete, caracterizată prin n, λ și γ, într-o structură înlocuitoare cu legături continue.

În lucrarea [II.9], α este denumit *coeficient de monolitism*, întrucît reflectă în mod sintetic influența golurilor asupra deformabilității secțiunii transversale a ansamblului diafragmei:

— cînd $\alpha = 0$, diafragma se separă în doi montanți, legați între ei prin rigle pendulare ($\lambda = 0$);

— cînd $\alpha \leqslant 1$, diafragma este denumită *cu goluri mari* și poate fi asimilată tot cu cazul $\alpha = 0$;

Scanned with OKEN Scanner

— cînd $1 < \alpha < 10$, diafragma este denumită *cu goluri mijlocii* și necesită un calcul prin rezolvarea ecuației (10.5);

— cînd $\alpha \geqslant 10$, diafragma este denumită *cu goluri mici* și poate fi considerată în calcul ca un element unic cu secțiune indeformabilă ($\lambda \approx \infty$).

10.1.4. Rezolvarea ecuației (10.5). Alcătuirea și utilizarea abacelor

Integrala generală a ecuației diferențiale (10.5) este:

$$T_j = C_1 e^{\alpha\xi} + C_2 e^{-\alpha\xi} + \frac{H_e}{\gamma L} T_p(\xi)$$

unde: $\xi = x/H$;

T_p este o soluție particulară a ecuației;

C_1, C_2 sînt constante de integrare.

Cele două constante de integrare se determină din condițiile la limită:

— în secțiunea de la bază ($\xi = 0$): $y = 0$, $y' = 0$ și deci $\varphi_j = 0$, $T_j = 0$;

— în secțiunea de la extremitatea superioară ($\xi = 1$): $N = 0$, $M = 0$, deci $y'' = 0$, respectiv $dT_j/dx = 0$.

Se obține în final pentru funcția $T_j = f(\xi)$ o expresie de forma:

$$T_j = \frac{FH_e}{\gamma L} \Phi\ (\alpha, \xi) \tag{10.8}$$

unde: F este rezultanta încărcărilor orizontale;

Φ — un coeficient, funcție de α și ξ, depinzînd de distribuția rezultantei F pe înălțimea diafragmei.

Pentru cele două tipuri de încărcări orizontale q_v și q_s, expresia (10.8) devine:

— pentru q_v

$$T_{j\,(v)} = \frac{V H_e}{\gamma L} \Phi_v \tag{10.9}$$

unde $\Phi_v = 1 - \xi - \dfrac{\alpha \operatorname{ch}[\alpha(1-\xi)] - \operatorname{sh}[\alpha\xi]}{\alpha \operatorname{ch}\alpha}$;

— pentru q_s

$$T_{j\,(s)} = \frac{S H_s}{\gamma L} \Phi_s \tag{10.10}$$

unde $\Phi_s = 1 - \xi^2 - \dfrac{2}{\alpha^2} - \dfrac{(\alpha^2 - 2)\operatorname{ch}[\alpha(1-\xi)] + 2\alpha \operatorname{sh}[\alpha\xi]}{\alpha^2 \operatorname{ch}\alpha}$.

Scanned with OKEN Scanner

Valorile coeficienților Φ_v, Φ_s în funcție de α și ξ sînt date în abacele 1 și 2 pentru $\alpha = 1 \ldots 30$ [II.9, II.8, II.33, II.53 etc.].

Momentele corespunzătoare la capetele riglelor sînt:

$$M_{j\,(v)} = \frac{T_{j\,(v)}\,L}{2} = \frac{VH_e}{2\gamma}\,\Phi_v$$

$$M_{j\,(s)} = \frac{T_{j\,(s)}\,L}{2} = \frac{SH_e}{2\gamma}\,\Phi_s. \qquad (10.11)$$

Momentele în montanți se deduc din condițiile de echilibru. În semistructura din fig. 10.3, momentul M_{mj} în secțiunea j a montantului, situată la înălțimea $x = \xi H$ de la baza diafragmei, se calculează ca pentru o consolă verticală încărcată cu:

— forțele orizontale exterioare, care produc momentul M_{mj0};

— forțele de legătură distribuite $\tau_j = T_j/H_e$ transmise de rigle.

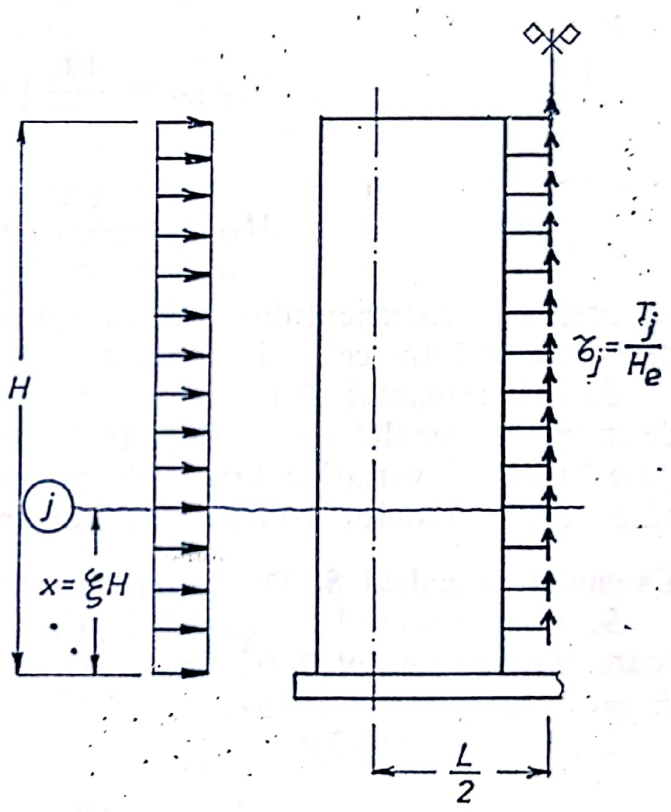


Fig. 10.3

$$M_{mj} = M_{mj0} - \int_x^H \tau_j \frac{L}{2}\,dx. \qquad (10.12)$$

Pentru calculul primului termen, sînt dați în tabelul 21 coeficienții:

$$m_{0v} = \frac{(1-\xi)^2}{2}\,; \quad m_{0s} = \frac{2 - 3\xi + \xi^3}{3}$$

cu care:

$$M_{mj0\,(v)} = m_{0v}\frac{VH}{2}\,; \quad M_{mj0\,(s)} = m_{0s}\frac{SH}{2}. \qquad (10.13)$$

Al doilea termen:

$$\int_x^H \tau_j \frac{L}{2}\,dx = \frac{LH}{2}\int_\xi^1 \tau_j\,d\xi = \frac{LH}{2}\int_\xi^1 \frac{T_j}{H_s}\,d\xi$$

devine, înlocuind pe T_j cu expresia (10.8):

$$\frac{LH}{2}\int_\xi^1 \frac{F}{\gamma L}\,d\xi = \frac{HF}{2\gamma}\int_1^\xi \Phi\,d\xi = \frac{HF}{2\gamma}\,\Psi.$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru cele două tipuri de încărcări orizontale, valorile coeficienților Ψ_v, Ψ_s sînt date în abacele 3 și 4, în funcție de α și ξ.

Expresiile momentelor în montanți capătă astfel forma:

$$M_{mj\,(v)} = m_{0v}\frac{VH}{2} - \frac{VH}{2\gamma}\Psi_v$$

$$M_{mj\,(s)} = m_{0s}\frac{SH}{2} - \frac{SH}{2\gamma}\Psi_s$$

sau:

$$M_{mj\,(v)} = \frac{VH}{2}\left(m_{0v} - \frac{\Psi_v}{\gamma}\right)$$

$$M_{mj\,(s)} = \frac{SH}{2}\left(m_{0s} - \frac{\Psi_s}{\gamma}\right). \qquad (10.14)$$

Prezența coeficientului 1/2 în formulele (10.14) reflectă repartizarea momentelor între cei doi montanți egali ai diafragmei.

Este de remarcat că în metoda structurii continue înlocuitoare diagrama de momente rezultă continuă pe înălțimea montanților, deci nu apar evidențiate în calcul variațiile bruște de moment din dreptul riglelor, corespunzătoare momentelor concentrate transmise de acestea.

Exemplul de calcul 8. Diafragmă simetrică, cu un șir de goluri în axă.

Se reia exemplul de calcul 2 prin metoda structurii continue înlocuitoare. Din exemplul 2 (v. fig. 8.18) se ia: $H_e = 3{,}00$ m; $n = 7$ niveluri; $H = 21{,}00$ m; $\lambda = 0{,}154$; $\gamma = 1{,}17$; $S = 200$ kN.

Cu formula (10.7):

$$\alpha = n\sqrt{\lambda\gamma} = 7\sqrt{0{,}154 \cdot 1{,}17} = 2{,}97.$$

Cu $\alpha = 2{,}97$, se găsesc în abaca 2 valorile coeficienților Φ_s, iar în abaca 4 cele ale coeficienților Ψ_s. Din tabelul 21, se iau valorile m_{0s} corespunzătoare la $n = 7$.

Momentele la capetele riglelor (10.11):

$$M_{j\,(s)} = \frac{SH_e}{2\gamma}\Phi_s = \frac{200 \cdot 3{,}00}{2 \cdot 1{,}17}\Phi_s = 256{,}4\,\Phi_s.$$

Momentele în montant (10.14):

$$M_{mj\,(s)} = \frac{SH}{2}\left(m_{0s} - \frac{\Psi_e}{\gamma}\right) = \frac{200 \cdot 21{,}00}{2}\left(m_{0s} - \frac{\Psi_s}{1{,}17}\right) =$$

$$= 2\,100\,m_{0s} - 1\,795\,\Psi_s.$$

Scanned with OKEN Scanner

Calculele sînt concentrate în tabel.

Nivelul	$\xi = \frac{x}{21}$	Φ_s ($\alpha = 2{,}97$)	$M_{j\,(s)} = 256{,}4\,\Phi_s$ (kNm)	m_{os} ($n = 7$)	$2\,100\,m_{os}$	Ψ_s ($\alpha = 2{,}97$)	$1\,795\,\Psi_s$	$M_{mj\,(s)} = 2\,100\,m_{os} - 1\,795\,\Psi_s$ (kNm)
0	0	0	0	0,667	1 400	0,38	682	718
1	0,143	0,28	72 (70)	0,525	1 103	0,36	646	457
2	0,286	0,43	110 (105)	0,389	817	0,31	556	261
3	0,429	0,48	123 (126)	0,264	554	0,25	449	105
4	0,571	0,48	123 (126)	0,157	330	0,18	323	7
5	0,714	0,43	110 (117)	0,074	155	0,11	197	−42
6	0,857	0,39	100 (103)	0,019	40	0,05	90	−50
7	1,000	0,37	95 (93)	0	0	0	0	0

Pentru compararea momentelor astfel calculate cu cele obținute în exemplul 2 prin metoda reducerii la cadre (v. fig. 8.19):

— în coloana $M_{j\,(s)}$ din tabel s-au trecut în paranteze valorile din exemplul 2;

— în fig. 10.4 s-au reprezentat cu linii pline momentele $M_{mj\,(s)}$ din exemplul 2 și cu linii punctate cele rezultate prin metoda structurii continue înlocuitoare.

Se observă o bună concordanță la momentele din rigle, dar diferențe mai mari la cele din montanți, ceea ce confirmă faptul că la clădiri cu 7 niveluri metoda structurii continue înlocuitoare se află la limita inferioară a domeniului său practic de utilizare.

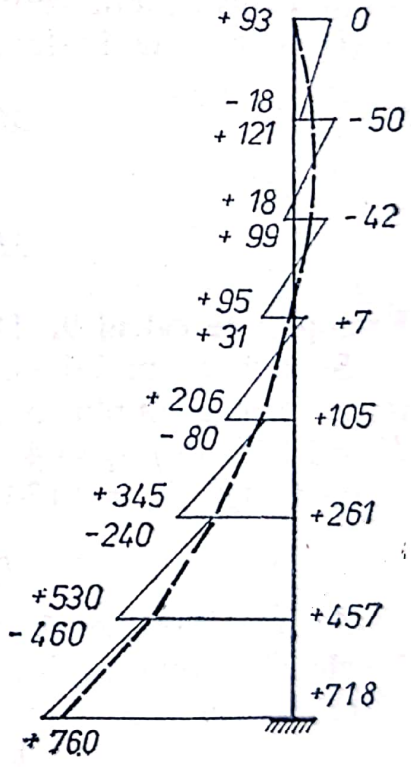


Fig. 10.4

10.2. Determinarea eforturilor secționale în diafragme nesimetrice sau cu mai multe șiruri de goluri

Ca și în metoda reducerii la cadre, se utilizează calculul pe o diafragmă simetrică înlocuitoare, respectiv pe semistructura acesteia (v. pct. 8.5). Calculul se conduce după cum urmează:

— Se determină caracteristicile semistructurii înlocuitoare, arătate în tabelul de la pct. 8.5.3 (K_{me}, K_{re}, λ, γ), respectiv se introduc pentru λ expresiile (8.28), (8.35) și pentru γ expresiile (8.30), (8.36).

— Se calculează momentele în montantul și riglele semistructurii înlocuitoare în modul arătat la pct. 10.1.

Scanned with OKEN Scanner

— Momentele obținute se repartizează barelor structurii reale proporțional cu rigiditățile lor.

Momentul în secțiunea j a unui montant (i) va fi:

$$M_{mj}^{(i)} = M_{mj}\frac{K_{mi}}{K_{me}} = M_{mj}\frac{K_{mi}}{\frac{1}{2}\sum K_m} = M_{mj}\frac{I_{mi}}{I_{me}}. \tag{10.15}$$

Momentele la capetele unei rigle $(i-1, i)$ de la nivelul j vor fi:

$$M_j^{(i-1,\,i)} = M_j\frac{K_{r\,(i-1,\,i)}}{K_{re}} = M_j\frac{K_{r\,(i-1,\,i)}}{\sum K_r}. \tag{10.16}$$

Se observă că în acest mod momentele rezultă egale la cele două capete ale aceleiași rigle. O aproximație mai bună se obține dacă suma lor se împarte între cele două capete ale riglei proporțional cu rigiditățile montanților învecinați, respectiv dacă pentru o riglă între montanții $(i-1)$ și (i) se adoptă în locul relației (10.16) expresiile:

$$\begin{aligned} M_{j\,(i-1)} &= M_j\frac{K_{r\,(i-1,\,i)}}{\sum K_r}\cdot\frac{2\,I_{i-1}}{I_{i-1}+I_i} \\ M_{j\,(i)} &= M_j\frac{K_{r(i,i-1)}}{\sum K_r}\cdot\frac{2\,I_i}{I_{i-1}+I_i} \end{aligned} \tag{10.17}$$

Exemplul de calcul 9. Diafragmă nesimetrică, cu un singur șir de goluri.

Se reia exemplul de calcul 3 prin metoda structurii continue înlocuitoare. Din exemplul 3 (v. fig. 8.23), se ia: $H_e = 2{,}75$ m; $n = 9$ niveluri; $H = 24{,}75$ m; $q_v = 4$ kN/m; $I_{m1} = 0{,}746$ m^4; $I_{m2} = 0{,}225$ m^4; $I_{me} = 0{,}485$ m^4; $\lambda = 0{,}170$; $\gamma = 1{,}163$.

$$\alpha = n\sqrt{\lambda\gamma} = 9\sqrt{0{,}170\cdot 1{,}163} = 4{,}00.$$

Cu $\alpha = 4{,}00$, se găsesc în abaca 1 valorile coeficienților Φ_v, iar în abaca 3 cele ale coeficienților Ψ_v. Din tabelul 21 se iau valorile m_{0v} corespunzătoare la $n = 9$.

$$V = q_v H = 4\cdot 24{,}75 = 99 \text{ kN}.$$

a) *Momentele în semistructura înlocuitoare*

— În rigle

$$M_{j\,(v)} = \frac{VH_e}{2\gamma}\Phi_v = \frac{99\cdot 2{,}75}{2\cdot 1{,}163}\Phi_v = 117{,}0\,\Phi_v.$$

— În montant

$$M_{mj\,(v)} = \frac{VH}{2}\left(m_{0v} - \frac{\Psi_v}{\gamma}\right) = \frac{99\cdot 24{,}75}{2}\left(m_{0v} = \frac{\Psi_v}{1{,}163}\right) =$$

$$= 1\,225\,m_{0v} - 1\,053\,\Psi_v.$$

Scanned with OKEN Scanner

Nivelul	$\xi = \frac{x}{24,75}$	Φ_v ($\alpha = 4,0$)	$M_j(v) = 117,0\,\Phi_v$ (kNm)	m_{0v} ($n = 9$)	$1\,225\,m_{0v}$	Ψ_v ($\alpha = 4,0$)	$1\,053\Psi_v$	$M_{mj}(v) = 1\,225\,m_{0v} - 1\,053\,\Psi_v$
0	0	0	0	0,500	612,5	0,31	326,4	286,1
1	0,111	0,26	30,4	0,395	483,9	0,29	305,4	178,5
2	0,222	0,38	44,4	0,302	370,0	0,26	273,8	96,2
3	0,333	0,42	49,1	0,222	272,0	0,22	231,7	40,3
4	0,444	0,41	48,0	0,154	188,7	0,17	179,0	9,7
5	0,555	0,38	44,4	0,099	121,3	0,13	136,9	−15,6
6	0,667	0,33	38,6	0,056	68,6	0,08	84,2	−15,6
7	0,778	0,28	32,8	0,025	30,6	0,02	52,7	−22,1
8	0,889	0,23	26,9	0,006	7,4	0	21,0	−13,6
9	1,000	0,21	24,6	0	0	0	0	0

b) *Momentele în structura reală*

— În montanți

$$\frac{I_{m1}}{I_{mc}} = \frac{0,746}{0,485} = 1,537; \quad \frac{I_{m2}}{I_{mc}} = \frac{0,225}{0,485} = 0,463$$

$$M_{m1(v)} = 1,537\,M_{mj(v)}; \quad M_{m2(v)} = 0,463\,M_{mj(v)}$$

Nivelul	$M_{mj}(v)$ (kNm)	$M_{m1}(v) = 1,537 M_{mj}(v)$ (kNm)	$M_{m2}(v) = 0,463\,M_{mj}(v)$ (kNm)
0	286,1	439,7	132,5
1	178,5	274,4	82,6
2	96,2	147,9	44,5
3	40,3	61,9	18,7
4	9,7	22,9	4,5
5	−15,6	−24,0	−7,2
6	−15,6	−24,0	−7,2
7	−22,1	−34,0	−10,2
8	−13,6	−20,9	−6,3
9	0	0	0

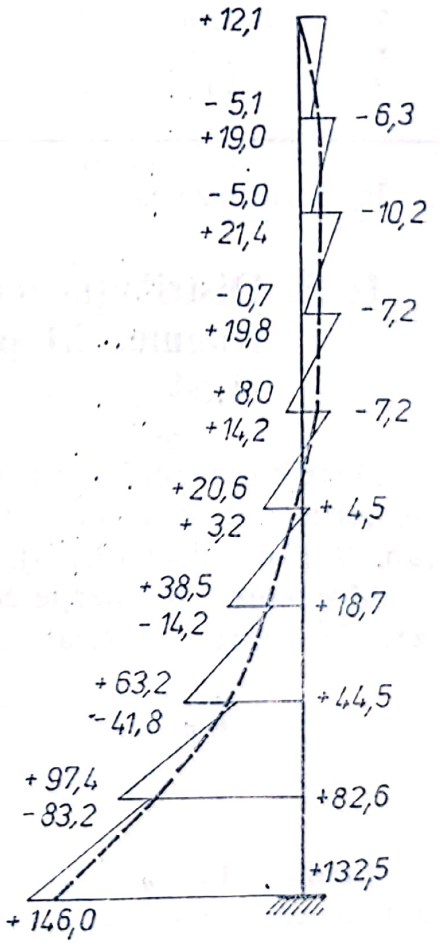


Fig. 10.5

În fig. 10.5 s-au reprezentat comparativ momentele obținute prin metoda structurii continue înlocuitoare (cu linie punctată) și cele din exemplul 3 (cu linie plină).

NISTOR PETRICA

Scanned with OKEN Scanner

— În rigle, cu formulele (10.17)

$$M_{j\,(1)} = M_{j(v)} \frac{2\,I_{m_1}}{I_{m_1} + I_{m_2}} = \frac{I_{m_1}}{I_{me}} M_{j(v)} = 1{,}537\; M_{j(v)};$$

$$M_{j\,(2)} = M_{j\,(v)} \frac{2\,I_{m_2}}{I_{m_1} + I_{m_2}} = \frac{I_{m_2}}{I_{me}} M_{j\,(v)} = 0{,}463\; M_{j(v)}.$$

Nivelul	$M_{j\,(v)}$ (kNm)	$M_{j\,(1)} = 1{,}537\; M_{j\,(v)}$ (kNm)	$M_{j\,(2)} = 0{,}463\; M_{j(v)}$ (kNm)
0	0	0	0
1	30,4	46,6 (47,6)	14,2 (14,2)
2	44,4	68,2 (71,6)	20,6 (21,4)
3	49,1	75,4 (81,4)	22,7 (24,3)
4	48,0	73,8 (79,6)	22,2 (23,8)
5	44,4	68,2 (74,2)	20,6 (22,2)
6	38,6	59,3 (64,1)	18,0 (19,1)
7	32,8	50,4 (55,0)	15,2 (16,4)
8	26,9	41,3 (46,1)	12,5 (14,1)
9	24,6	37,0 (40,3)	11,4 (12,1)

În paranteze s-au trecut valorile obținute în exemplul 3 (v. fig. 8.24).

10.3. Distribuția încărcărilor orizontale între mai multe diafragme. Momente de inerție echivalente [II.8, II.43, II.54

Distribuția încărcării orizontale totale între diafragmele componente ale structurii se efectuează cu ajutorul relațiilor generale date în cadrul cap. 9 [formulele (9.18)], în raport cu momentele de inerție echivalente.

Momentele de inerție echivalente se determină la fel ca în metoda reducerii la cadre, cu relațiile (9.9):

$$\bar{I}_{ev} = \frac{\eta_v I_0}{1 + \nu_v \dfrac{\eta_v I_0}{\Sigma A_{mt} H^2}}; \quad \bar{I}_{es} = \frac{\eta_v I_0}{1 + \nu_s \dfrac{\eta_s I_0}{\Sigma A_{mt} H^2}}.$$

Coeficienții η_v și η_s pot fi calculați și pe baza elementelor cunoscute din metoda structurii continue înlocuitoare [II.8] sub forma:

$$\eta_v = \frac{1}{1 + \dfrac{\Psi_{v\,(0)} - \Psi_{v\,(c)}}{(\gamma - 1)\,\alpha^2 Y_v}}; \quad \eta_s = \frac{1}{1 + \dfrac{\Psi_{s\,(0)} - \Psi_{s\,(c)}}{(\gamma - 1)\,\alpha^2 Y_s}} \qquad (10.18)$$

Scanned with OKEN Scanner

unde: $\Psi_{v(0)}, \Psi_{v(c)}$ sînt valorile coeficienților Ψ_v în secțiunea de la baza diafragmei (o) și la nivelul caracteristic (c), care se citesc în abaca 3;

$\Psi_{s(0)}, \Psi_{s(c)}$ — valorile coeficienților Ψ_s în aceleași secțiuni, care se citesc în abaca 4;

Y_v, Y_s — multiplicatori numerici, în funcție de poziția nivelului caracteristic, respectiv de numărul de niveluri, dați în tabelul următor.

Numărul de niveluri al clădirii	7	8	9	10	11
Nivelul caracteristic (c)	6	6	7	8	9
$\xi_c = \frac{x_c}{H}$	$\frac{6}{7} = 0{,}858$	$\frac{6}{8} = 0{,}750$	$\frac{7}{9} = 0{,}778$	$\frac{8}{10} = 0{,}800$	$\frac{9}{11} = 0{,}818$
Y_v	0,1012	0,0835	0,0880	0,0918	0,0947
Y_s	0,1477	0,1211	0,1280	0,1336	0,1380

Exemplul de calcul 10. Determinarea momentelor de inerție echivalente.

Se recalculează coeficienții η_v, η_s din expresiile (9.9) utilizînd elementele din metoda structurii continue înlocuitoare [formulele (10.18)], pentru diafragmele cu goluri din exemplele de calcul 8 și 9, pentru care momentele de inerție echivalente au fost determinate în exemplele 6, pct. b și 6, pct. c.

a) *Diafragma simetrică* (exemplele 8 și 6, pct. b)

$$\lambda = 0{,}154;\ \gamma = 1{,}17;\ \alpha = 2{,}97;\ n = 7 \text{ niveluri};\ \xi_c = \frac{6}{7} = 0{,}858;\quad Y_s = 0{,}1477.$$

Din abaca 4: $\Psi_{s(0)} = 0{,}38;\ \Psi_{s(0{,}858)} = 0{,}05.$

$$\eta_s = \frac{1}{1 + \dfrac{0{,}38 - 0{,}05}{(1{,}17 - 1)\,2{,}97^2 \cdot 0{,}1477}} = 0{,}402$$

față de η_s=0,405 obținut în exemplul 6, pct. b.

b) *Diafragma nesimetrică* (exemplele 9 și 6, pct. c)

$$\lambda = 0{,}170;\quad \gamma = 1{,}163;\quad \alpha = 4{,}00;\quad n = 9 \text{ niveluri};\quad \xi_c = \frac{7}{9} = 0{,}778;$$

$$Y_v = 0{,}0880.$$

Scanned with OKEN Scanner

Din abaca 3: $\Psi_{v\,(0)} = 0{,}31$; $\Psi_{v\,(0{,}778)} = 0{,}05$.

$$\eta_v = \frac{1}{1 + \dfrac{0{,}31 - 0{,}05}{(1{,}163 - 1)\,4{,}00^2 \cdot 0{,}0880}} = 0{,}469$$

Aceeași valoare s-a obținut și în exemplul 6, pct. c.

10.4. Alte aplicații ale metodei structurii continue înlocuitoare

Față de forma inițială în care metoda a fost prezentată în anul 1960 de *Albigès* și *Goulet* [II.9], cuprinzînd abace numai pentru cazul încărcării orizontale distribuite uniform pe înălțime, s-au adus ulterior prin diferite studii publicate de alți autori completări și contribuții suplimentare, între care sînt de menționat următoarele:

— completarea cu abace pentru încărcări distribuite triunghiular pe înălțime [II.32, II.53] și pentru încărcarea cu momente distribuite uniform pe înălțime, provenite din excentricități de aplicare a încărcărilor verticale (balcoane etc.) [II.23, II.32];

— determinarea momentelor de inerție echivalente necesare pentru distribuția spațială a încărcărilor orizontale între mai multe diafragme [II.43, II.8];

— linii de influență pentru încărcări orizontale concentrate, în vederea unui calcul cu scrierea condițiilor de egalitate a deplasărilor laterale la toate nivelurile [II.25];

— abordarea cazului cînd la un nivel intermediar se modifică parametrii diafragmei (grosime, marca betonului, dimensiunile golurilor), determinînd împărțirea ei în două tronsoane cu caracteristici diferite, fiecare rămînînd monoton pe verticală [II.28];

— aplicarea la calculul ținînd seama de conlucrarea diafragmelor perpendiculare legate între ele prin rigle, după schema din fig. 5.5 [II.40, II.48];

— aplicarea la studiul comportării structurilor cu diafragme la torsiune generală [II.39, II.49] etc.

Bibliografie la partea a II-a

II. 1. A.C.I. Committe 442. *Response of Buildings to Lateral Forces*. În: Journal of the American Concrete Institute, nr. 2/1971.

II. 2. Agent, R. *Bazele teoretice și aplicațiile distorsiunilor în calculul cadrelor etajate*. În: Revista Construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 10/1963.

II. 3. Agent, R. *Sisteme reticulare nedeterminate*. București, Editura tehnică, 1970, cap. 23, pag. 530—581.

Scanned with OKEN Scanner

II. 4. Agent, R. *Calculul diafragmelor cu goluri după metoda Albigès-Goulet este un calcul de diafragmă sau un calcul de cadru etajat?* În: Revista Construcţiilor şi a materialelor de construcţii, nr. 6/1965.
II. 5. Agent, R., Barbaiani, M., Postelnicu, T. şi Constantinescu, D. *Instrucţiuni tehnice pentru proiectarea construcţiilor cu structura din diafragme de beton (P. 85—78).* În: Colecţia de normative şi instrucţiuni, nr. 201. ICCPDC, Bucureşti, 1980, § 3.4—3.5.
II. 6. Agent, R., Postelnicu, T. şi alţii. *Indicaţii provizorii pentru proiectarea structurilor cu diafragme din beton armat la clădiri etajate* (litografiat). ISART—ICB (P.T. 916—91), Bucureşti, oct. 1971.
II. 7. Agent. R., Postelnicu, T., Mager, V. şi Lerner, E. *Calculul rigidităţilor diafragmelor pline şi cu goluri la clădiri etajate.* În: Studii şi cercetări de mecanică aplicată, nr. 4/1975 şi nr. 1/1976.
II. 8. Agent, R. şi Postelnicu, T. *Metode simplificate pentru calculul structurilor cu diafragme la clădiri etajate* (litografiat). Institutul de Construcţii Bucureşti, 1976.
II. 9. Albigès, M. şi Goulet, J. *Contreventement des bâtiments.* În: Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, nr. 5/1960.
II.10. Avram, C., Anastasescu, D., Mîrşu, O. şi Munteanu, I. *Consideraţii asupra calculului diafragmelor-cadre din beton armat.* În: Revista Construcţiilor şi a materialelor de construcţii, nr. 1/1967 (v. şi în: Beton- und Stahlbetonbau, nr. 6—7/1970).
II.11. Baikov, V. N., Drozdov, P. F. şi alţii. *Jelezobetonnîie konstrukţii — speţialnîi kurs.* Moscova, Stroiizdat, 1974. Glava III. Zdania bolşoi etajnosti, pag. 341—482.
II.12. Blume, J. A., Newmark, N. M. şi Corning, L. H. *Multistory Reinforced Concrete Buildings for Earthquake Motions.* Portland Cement Association, Skokie (Illinois), 1961.
II.13. Beck, H. *Ein neues Berechnungsverfahren für gegliederte Scheiben, dargestellt am Beispiel des Vierendeelträgers.* În: Der Bauingenieur, nr. 12/1956.
II.14. Beck, H. *Contribution to the Analysis of Coupled Shear Walls.* În: Journal of the American Concrete Institute, nr. 8/1962.
II.15. Beyer, K. *Die Statik im Stahlbetonbau.* Berlin, Springer-Verlag, 1956.
II.16. Brînzan, I. şi Barbaiani, M. *Calculul şi alcătuirea structurilor etajate cu diafragme.* Bucureşti, Editura tehnică, 1976, cap. 3 şi 4, pag. 28—159.
II.17. Çakiroglu, A. şi Çetmeli, E. *Zur Berechnung von durchbrochenen tragenden Wänden unter horizontaler Belastung.* În: Beton- und Stahlbetonbau, nr. 6/1974.
II.18. Căpăţînă, D. *O metodă automatizată de calcul seismic a structurilor în cadre şi diafragme.* În: Construcţii, nr. 11/1978.
II.19. Coşa, D. *Considerarea deformabilităţii axiale a barelor în metoda deplasărilor* În: Revista Construcţiilor şi a materialelor de construcţii, nr. 4/1966.
II.20. Coull, A., Puri, A. D. şi Tottenham, H. *Numerical Elastic Analysis of Coupled Shaer Walls.* În: Proceedings of the Institution of Civil Engineers, nr. 3/1973.
II.21. Coull, A. şi Stanford Smith, B. *Structural Analysis of Tall Concrete Buildings.* În: Proceedings of the Institution of Civil Engineers, nr. 3/1973.
II.22. Csonka, P. *Eljárás elmozduló sarkú derékszögü keretek számitására.* Budapesta, Tudományos Könyvkiadö, 1950.
II.23. Davidovici, V. E. *Effets des variations linéaires dans les bâtiments de grande hauteur.* În: Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, nr. 9/1967.

Scanned with OKEN Scanner

II. 24. Decauchy, A. *Contreventement des bâtiments.* În; Annales de l'Institut tehnique du bâtiment et des travaux publics, nr. 1/1964.
II.25. Delqué, J. *Distribution des efforts dus au vent entre plusieurs éléments de contreventement. Calcul des sollicitations internes dans les éléments.* În: Annales de l'Institut technique de bâtiment et des travaux publics, nr. 5/1973.
II.26. Derecho, A. T. *Frames and Frame-Shear Wall Systems.* În: Response of Multistory Concrete Structures to Lateral Forces, SP-36, American Concrete Institute, Detroit, 1973, pag. 13—37.
II.27. Despeyroux, J. *Shear Walls with n Raws of Openings.* În: Symposium on Tall Buildings, Proceedings, University of Southampton, apr. 1966.
II.28. Despeyroux, J. *Analyse statique et dynamique des contreventements par consoles élémentaires solidarisées par des milieux élastiques.* În: Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, nr. 2/1972.
II.29. Diaconu, M. *Determinarea stării de eforturi în diafragmele cu goluri cînd se ia în considerare și influența forței tăietoare.* În: Construcții, nr. 12/1971.
II.30. Drozdov, P. F. *Konstruirovanie i rasciot nesușcih sistem mnogoetajnîh zdanii i ih elementov.* Moscova, 1977.
II.31. Goschy, B. *Torsional Stiffness of Pierced Tubular Systems.* În: A VII-a Conferință de betoane — Construcții înalte de beton armat, Iași, 1975, vol. III, pag. 341—369.
II.32. Guillot, V. *Influence des ouvertures dans la stabilité des bâtiments à grande hauteur — Refends à N files d'ouvertures.* În: Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, nr. 2/1972.
II.33. Hangan, M. D. *Construcții de beton armat.* București, Editura tehnică, 1963. Cap. VIII. Construcții rigidizate prin diafragme, pag. 302—325.
II.34. Keintzel, E. *Calculul cadrelor etajate simetrice cu o singură deschidere cu stîlpi axial-deformabili la forțe orizontale.* În: Revista Construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 1/1967.
II.35. Keintzel, E. *Calculul simplificat al diafragmelor cu goluri nesimetrice la sarcini orizontale.* În: Revista Construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 3/1968.
II.36. Keintzel, E. *Die Berechnung elastisch gestützter, durchbrochener Wände auf Horizontallasten.* În: Der Bauingenieur, nr. 9/1968.
II.37. Keintzel, E. *Metode simplificate pentru calculul construcțiilor multietajate.* București, Editura tehnică, 1969, cap. 4—6, pag. 93—182.
II.38. Keintzel, E. *Zur Berechnung von Hochhauswänden mit einer Öffnungsreihe unter beliebiger Horizontallast.* În: Der Bauingenieur, nr. 10/1970.
II.39. Keintzel, E. *Calculul spațial al construcțiilor multietajate ținînd seama de rigiditatea la răsucire a elementelor structurale.* În: Construcții, nr. 12/1971.
II.40. Keintzel, E. *Despre conlucrarea spațială a diafragmelor ortogonale.* În: Construcții, nr. 11/1973.
II.41. Khan, F. și Sbarounis, J. *Interaction of Shear Walls and Frames.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the ASCE, nr. 6/1973.
II.42. Laredo, M. *Théorie générale des noyaux de contreventement.* În: Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, nr. 3/1973.
II.43. Lerner, E. *Abaque pour la détérmination de l'inertie des refends avec des ouvertures de moyennes dimensions.* În: Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, nr. 10/1966.
II.44. Lin, T. Y., *Lateral Force Distribution in a Concrete Building Story.* În: Journal of the American Concrete Institute, nr. 12/1951.
II.45. Mac Leod, J. A. *A Rectangular Finite-Element for the Shear Walls Analysis.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the ASCE, nr. 4/1969.
II.46. Mac Leod, J. A. și Green, D. R. *Frame Idealisation for Shear-Wall Support Systems.* În: The Structural Engineer, nr. 2/1973.

Scanned with OKEN Scanner

II.47. Mager, V., Lerner, E. şi Iosub, I. *Solicitări seismice la clădiri înalte.* În: Construcţii, nr. 8/1973.
II.48. Marinov, R. *Consideraţii privind rigiditatea la încovoiere a nucleelor din beton armat pentru clădiri înalte.* În: Construcţii, nr. 11/1973.
II.49. Marinov, R. *Studiu privind comportarea la torsiune a nucleelor din beton armat la clădiri înalte.* În: A VII-a Conferinţă de betoane — Clădiri înalte de beton armat, Iaşi, 1975, vol. I, pag. 245—263.
II.50. Mazilu, P. *Statica construcţiilor*, vol. II. Bucureşti, Editura tehnică, 1959, pag. 747.
II.51. Mazilu, P., Baubec, S. şi Săftoiu, E. *L'utilisation des essais optiques en vue du dimensionnement de la structure d'un grand bâtiment de Bucarest.* În: Association Internationale des Ponts et Charpentes, Neuvième Congrès, Amsterdam, 1972, Rapport final. AIPC, Zürich, 1972, pag. 315—320.
II.52. Michael, D. *Torsional Coupling of Core Walls in Tall Buildings.* În: The Structural Engineer, nr. 2/1969.
II.53. Mîrşu, O. şi Vuc, L. *Metodă de calcul al diafragmelor la acţiuni seismice.* În: Revista Construcţiilor şi a materialelor de construcţii, rn. 10/1963.
II.54. Mîrşu, O. şi Friedrich, R. *Construcţii din beton armat.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1980. § 8.2. Calculul structurilor în diafragme, pag. 243—273.
II.55. Müller, F. P. şi Keintzel, E. *Erdbebensicherung von Hochbauten.* Berlin, W. Ernst & Sohn, 1978.
II.56. Paulay, T. *Coupling Beams of Reinforced Concrete Shear Walls.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the ASCE, nr. 3/1976.
II.57. Rosman, R. *Die Statische Berechnung von Hochhauswänden mit Öffnungsreihen.* Berlin, W. Ernst & Sohn, 1965.
II.58. Rosman, R. *Statik und Dynamik der Scheibensysteme des Hochbaues. Praktische Berechnungsverfahren für Systeme aus gekoppelten vollen Scheiben, gegliederten Scheiben und Stockwerkrahmen.* Berlin, Springer-Verlag, 1968.
II.59. Rosman, R. *Analysis of Pierced Torsion Boxes.* În: Acta Technica Scientiarum Hungaricae, nr. 3—4/1969, pag. 365—397.
II.60. Rosman, R. *Torsion of Perforated Concrete Shafts.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the ASCE, nr. 5/1969.
II.61. Rosman, R. *Dynamic Characteristics of Nonsymmetric Building Structures.* În: Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, 1980, vol. 5, pag. 375—382.
II.62. Rutenmöller, U. *Zur Berechnung gegliederter Hohlkasten im Zustand II.* Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1977.
II.63. Schäfer, H. G. *Die Berechnung von Hochhäusern als räumlicher Verband von Scheiben, Kernen und Rahmen.* Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1969.
II.64. Srichatrapimuk, T. şi Chopra, A. K. *Earthquake Analysis of Coupled Shear Wall Buildings.* În: Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, 1980, vol. 5, pag. 1—8.
II.65. Stander, W. *Ein Beitrag zur Untersuchung von Stahlbetonscheiben mit Hilfe finiter Elemente unter Berücksichtigung eines wirklichkeitsnahen Werkstoffverhaltens.* Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1973.
II.66. Tso, W. K. *General Analysis of Nonplaner Coupled Shear Walls.* În: Journal of the Structural Division, Proceedings of the ASCE, mart. 1973.
II.67. Wachter, K. D. v. *Zur Berechnung regelmässig gegliederter Scheiben aus Stahlbeton unter Berücksichtigung eines wirklichkeitsnahen Werkstoffgesetzes.* Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1979.
II.68. Wang, T. Y., Bertero, V. V. şi Popov, E. P. *Hysteretic Behaviour of Reinforced Concrete Framed Walls.* Report EERC 75—23, University of California, Berkeley, 1975.

Scanned with OKEN Scanner

TABELE ȘI ABACE AUXILIARE

A. Calculul prin metoda reducerii la cadre

Utilizare	Coeficienții	Nr. de niveluri	Tabelul nr.
Calculul momentelor încovoietoare în montanți	m_v, m_s din formulele (8.25)	3	1
		4	2
		5	3
		6	4
		7	5
		8	6
		9	7
		10	8
		11	9
Calculul momentelor de inerție echivalente	ν_v, ν_s din formulele (9.9)	3—11	10
	η_v, η_s din formulele (9.9) ($\gamma > 1$)	3	11
		4	12
		5	13
		6	14
		7	15
		8	16
		9	17
		10	18
		11	19
	η_v, η_s din formulele (9.10) ($\gamma \approx 1$)	3—11	20

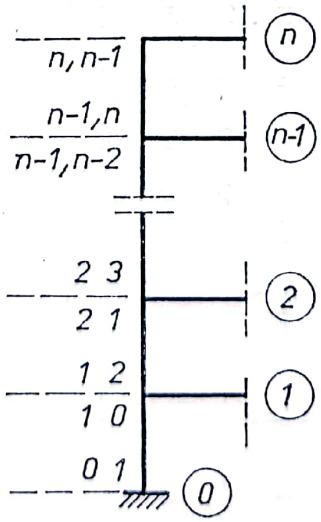
Scanned with OKEN Scanner

B. Calculul prin metoda structurii continue înlocuitoare

Utilizare:	Coeficienții	Nr. de niveluri	Tabelul nr.
Calculul momentelor încovoietoare în rigle și montanți	m_{0v}, m_{0s}	7—11	Tabelul 21
	Φ_v	Nu sînt în funcție de numărul de niveluri	Abaca 1
	Φ_s		Abaca 1
	Ψ_v		Abaca 3
	Ψ_s		Abaca 4

C. Ambele metode

Utilizare:	Coeficientul	Tabelul nr.
Calculul momentelor de inerție la secțiuni în formă de T $I = c\frac{bh^3}{12}$	c	22



Numerotarea secțiunilor în tabelele 1-9

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 3$ niveluri

m_v

Secțiunea	λ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
	γ	1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	3—2	0,00	+1,52	+1,49	—1,45	+2,47	+2,30	+2,29	+3,56	+3,36	+3,19	+4,42	+4,09	+3,91
	2—3	+5,56	+4,04	+4,07	+4,10	+3,08	+3,17	+3,27	+1,99	+2,20	+2,36	+1,14	+1,46	+1,74
	2—1	—5,56	—2,58	—2,64	—2,70	—0,64	—0,81	—0,98	+1,73	+1,34	+1,04	+3,94	+3,32	+2,76
	1—2	+16,30	+13,70	+13,70	+13,80	+11,80	+11,90	+12,10	+9,39	+9,77	+10,10	+7,17	+7,80	+8,33
	1—0	—16,30	—12,60	—12,70	—12,80	—9,92	—10,10	—10,40	—6,43	—6,92	—7,31	—2,74	—3,56	—4,27
	0—1	+33,00	+29,30	+29,40	+29,50	+26,60	+26,80	+27,00	+23,10	+23,60	+24,00	+19,40	+20,20	+20,90

m_s

Secțiunea														
	3—2	0,00	+1,31	+1,28	+1,25	+2,13	+2,05	+1,97	+3,09	+2,91	+2,77	+3,86	+3,58	+3,34
	2—3	+5,56	+4,25	+4,28	+4,31	+3,42	+3,50	+3,58	+2,47	+2,65	+2,78	+1,69	+1,97	+2,21
	2—1	—5,56	—3,02	—3,07	—3,12	—1,35	—1,50	—1,64	+0,68	+0,35	+0,09	+2,61	+2,07	+1,62
	1—2	+14,80	+12,30	+12,30	+12,40	+10,60	+10,80	+10,90	+8,58	+8,91	+9,17	+6,65	+7,19	+7,64
	1—0	—14,80	—11,40	—11,50	—11,60	—9,14	—9,33	—9,51	—6,23	—6,64	—6,97	—3,17	—3,86	—4,45
	0—1	+25,90	+22,50	+22,60	+22,70	+20,30	+20,40	+20,60	+17,30	+17,80	+18,10	+14,30	+15,00	+15,60

Scanned with OKEN Scanner

m_v

Secțiunea	λ	0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
	γ	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	3—2	+4,68	+4,28	+3,95	+4,73	+4,30	+3,92	+4,70	+4,25	+3,86	+4,34	+3,88	+3,49	+3,66	+3,27	+2,94
	2—3	+0,88	+1,28	+1,60	+0,83	+1,26	+1,63	+0,85	+1,30	+1,69	+1,22	+1,67	+2,06	+1,90	+2,29	+2,61
	2—1	+4,93	+4,16	+3,51	+5,46	+4,60	+3,83	+5,77	+4,40	+4,03	+6,23	+5,19	+4,28	+6,16	+5,07	+4,15
	1—2	+6,18	+6,95	+7,60	+5,65	+6,52	+7,28	+5,34	+6,27	+7,08	+4,88	+5,92	+6,83	+4,95	+6,04	+6,96
	1—0	—0,74	—1,78	—2,65	+0,57	—0,63	—1,68	+1,50	+0,20	—0,95	+3,93	+2,33	+0,92	+6,12	+4,20	+2,56
	0—1	+17,4	+18,4	+19,3	+16,1	+17,3	+18,3	+15,2	+16,5	+17,6	+12,7	+14,3	+19,7	+10,5	+12,5	+14,1

m_s

Secțiunea																
	3—2	+4,12	+3,78	+3,50	+4,20	+3,83	+3,50	+4,20	+3,81	+3,47	+3,97	+3,57	+3,23	+3,48	+3,12	+2,82
	2—3	+1,43	+1,77	+2,06	+1,35	+1,73	+2,05	+1,35	+1,74	+2,08	+1,58	+1,98	+2,33	+2,08	+2,44	+2,74
	2—1	+3,49	+2,83	+2,28	+3,98	+3,24	+2,59	+4,27	+3,48	+2,79	+4,79	+3,89	+3,10	+4,89	+3,93	+3,12
	1—2	+5,77	+6,43	+6,98	+5,28	+6,02	+6,67	+4,99	+5,78	+6,47	+4,47	+5,37	+6,16	+4,37	+5,33	+6,14
	1—0	—1,52	—2,40	—3,13	—0,46	—1,47	—2,35	+0,28	—0,81	—1,77	+2,21	—0,88	—0,30	+3,90	+2,31	+0,96
	0—1	+12,6	+13,5	+14,2	+11,6	+12,3	+13,5	+10,8	+11,9	+12,9	+8,90	+10,2	+11,4	+7,21	+8,80	+10,2

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 4$ niveluri

m_v

Secțiunea	λ / γ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
		1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	4—3	0,00	+1,59	+1,54	+1,49	+2,38	+2,25	+2,15	+3,06	+2,84	+2,66	+3,36	+3,06	+2,81
	3—4	+3,13	+1,53	+1,58	+1,64	+0,75	+0,87	+0,98	+0,07	+0,28	+0,47	—0,23	+0,07	+0,31
	3—2	—3,13	+0,07	—0,04	—0,14	+1,71	+1,47	+1,28	+3,29	+2,87	+2,51	+4,31	+3,71	+3,22
	2—3	+9,38	+6,19	+6,29	+6,39	+4,54	+4,78	+4,97	+2,06	+3,38	+3,74	+1,94	+2,54	+3,03
	2—1	—9,38	—4,75	—4,88	—5,02	—2,23	—2,56	—2,82	+0,42	—0,16	—0,66	+2,61	+1,75	+1,03
	1—2	+18,8	+14,1	+14,3	+14,4	+11,6	+11,9	+12,2	+8,95	+9,53	+10,0	+6,77	+7,63	+8,35
	1—0	—18,8	—13,1	—13,3	—13,9	—9,98	—10,4	—10,7	—6,42	—7,10	—7,68	—3,05	—4,08	—4,95
	0—1	+31,3	+25,6	+25,8	+26,0	+22,5	+22,9	+23,1	+18,9	+19,6	+20,2	+15,6	+16,6	+17,4

m_s

Secțiunea														
	4—3	0,00	+1,33	+1,29	+1,25	+2,00	+1,90	+1,31	+2,59	+2,42	+2,26	+2,89	+2,64	+2,44
	3—4	+3,13	+1,79	+1,83	+1,88	+1,13	+1,23	+1,31	+0,53	+0,71	+0,86	+0,23	+0,48	+0,69
	3—2	—3,13	—0,47	—0,52	—0,63	+0,92	+0,72	+0,56	+2,27	+1,93	+1,63	+3,20	+2,70	+2,29
	2—3	+8,59	+5,94	+6,02	+6,10	+4,55	+4,75	+4,91	+3,20	+3,54	+3,84	+2,27	+2,77	+3,18
	2—1	—8,59	—4,78	—4,89	—5,00	—2,69	—2,96	—3,18	—0,49	—0,97	—1,38	+1,34	+0,63	+0,04
	1—2	+15,6	+11,8	+11,9	+12,0	+9,72	+9,99	+10,2	+7,52	+8,00	+8,42	+5,69	+6,40	+7,00
	1—0	—15,6	—11,1	—11,2	—11,3	—8,49	—8,79	—9,05	—5,62	—6,17	—6,66	—2,95	—3,79	—4,50
	0—1	+23,4	+18,9	+19,0	+19,1	+16,3	+16,6	+16,9	+13,4	+14,0	+14,4	+10,8	+11,6	+12,3

Scanned with OKEN Scanner

m_v

λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
γ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	*4—3*	+3,32	+2,99	+2,71	+3,20	+2,87	+2,58	+3,08	+2,75	+2,47	+2,61	+2,32	+2,07	+2,09	+1,86	+1,67
	3—4	—0,19	+0,14	+0,42	—0,08	+0,26	+0,54	+0,05	+0,38	+0,66	+0,51	+0,80	+1,05	+1,04	+1,26	+1,45
	3—2	+4,56	+3,89	+3,30	+4,59	+3,89	+4,27	+4,55	+3,83	+3,21	+4,21	+3,50	+2,88	+3,69	+3,03	+2,47
	2—3	+1,69	+2,37	+2,95	+1,66	+2,37	+2,98	+1,70	+2,42	+3,04	+2,04	+2,76	+3,37	+2,56	+3,22	+3,78
	2—1	+3,53	+2,53	+1,65	+4,03	+2,94	+1,99	+4,32	+3,18	+2,18	+4,84	+3,99	+2,51	+4,96	+3,65	+2,54
	1—2	+5,84	+6,85	+7,73	+5,35	+6,44	+7,39	+5,06	+6,20	+7,19	+4,53	+5,78	+6,87	+4,42	+5,73	+6,83
	1—0	—1,31	—2,54	—3,63	—0,19	—1,56	—2,76	+0,60	—0,86	—2,14	+2,66	+0,94	—0,56	+4,47	+2,48	+0,79
	0—1	+13,8	+15,0	+16,1	+12,7	+14,1	+15,3	+11,9	+13,4	+14,6	+9,4	+11,6	+13,1	+8,03	+10,0	+11,7

m_g

Secțiunea	*4—3*	+2,90	+2,62	+2,38	+2,83	+2,54	+2,30	+2,75	+2,46	+2,22	+2,41	+2,39	+1,93	+2,00	+1,79	+1,61
	3—4	+0,23	+0,51	+0,75	+0,30	+0,58	+0,83	+0,38	+0,66	+0,91	+0,71	+0,74	+1,20	+1,12	+1,33	+1,51
	3—2	+3,47	+2,90	+2,41	+3,54	+2,95	+2,43	+3,55	+2,94	+2,41	+3,39	+2,91	+2,24	+3,08	+2,49	+1,20
	2—3	+2,00	+2,57	+3,06	+1,93	+2,52	+3,04	+1,92	+2,53	+3,06	+2,08	+2,56	+3,23	+2,39	+2,98	+3,47
	2—1	+2,13	+1,30	+0,57	+2,56	+1,66	+0,88	+2,83	+1,88	+1,06	+3,34	+2,03	+1,34	+3,56	+2,46	+1,53
	1—2	+4,90	+5,73	+6,46	+4,47	+5,37	+6,15	+4,20	+5,15	+5,97	+3,69	+5,00	+5,63	+3,47	+4,57	+5,51
	1—0	—1,60	—2,60	—3,49	—0,75	—1,85	—2,83	—0,15	—1,83	—2,37	+1,37	—0,94	—1,21	+2,68	+1,10	—0,25
	0—1	+9,41	+10,4	+11,3	+8,56	+9,67	+10,7	+7,96	+9,14	+10,1	+6,44	+8,75	+9,02	+5,14	+6,71	+8,06

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 5$ niveluri

m_v

λ		0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
γ		1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	5—4	+0,00	+1,61	+1,53	+1,46	+2,19	+2,06	+1,94	+2,56	+2,35	+2,18	+2,56	+2,30	+2,08
	4—5	+2,00	+0,40	+0,47	+0,54	—0,19	—0,06	+0,61	—0,56	—0,35	—0,18	—0,56	—0,30	—0,08
	4—3	—2,00	+1,23	+1,10	+0,96	+2,51	+2,24	+2,01	+3,44	+3,02	+2,67	+3,74	+3,21	+2,76
	3—4	+6,00	+2,77	+2,90	+3,04	+1,49	+1,76	+1,99	+0,56	+0,98	+1,33	+0,26	+0,79	+1,24
	3—2	—6,00	—1,17	—1,37	—1,56	+0,87	+0,49	+0,16	+2,60	+1,99	+1,48	+3,62	+2,82	+2,12
	2—3	+12,0	+7,17	+7,37	+7,56	+5,13	+5,51	+5,84	+3,40	+4,01	+4,52	+2,38	+3,18	+3,88
	2—1	—12,0	—5,79	—6,02	—6,26	—2,98	—3,44	—3,86	—0,32	—1,08	—1,73	+1,74	+0,70	—0,21
	1—2	+20,0	+13,8	+14,0	+14,3	+11,0	+11,4	+11,9	+8,32	+9,08	+9,73	+6,26	+7,30	+8,21
	1—0	—20,0	—12,9	—13,2	—13,4	—9,53	—10,0	—10,5	—6,10	—6,95	—7,67	—3,04	—4,23	—5,28
	0—1	+30,0	+22,9	+23,2	+23,4	+19,5	+20,0	+20,5	+16,1	+16,9	+17,7	+13,0	+14,2	+15,3

m_s

Secțiunea														
	5—4	+0,00	+1,32	+1,26	+1,21	+1,82	+1,71	+1,61	+2,16	+1,98	+1,84	+2,20	+1,99	+1,80
	4—5	+2,00	+0,68	+0,74	+0,79	+0,18	+0,29	+0,39	—0,16	+0,02	+0,16	—0,20	+0,01	+0,20
	4—3	—2,00	+0,66	+0,55	+0,44	+1,72	+1,51	+1,32	+2,54	+2,20	+1,91	+2,88	+2,44	+2,07
	3—4	+5,60	+2,94	+3,05	+3,16	+1,88	+2,09	+2,28	+1,06	+1,40	+1,69	+0,72	+1,16	+1,53
	3—2	—5,60	—1,67	—1,82	—1,98	+0,02	—0,29	—0,56	+1,48	+0,98	+0,57	+2,39	+1,74	+1,17
	2—3	+10,4	+6,40	+6,62	+6,78	+4,78	+5,09	+5,36	+3,32	+3,82	+4,24	+2,41	+3,06	+3,63
	2—1	—10,4	—5,39	—5,58	—5,77	—3,12	—3,50	—3,83	—0,97	—1,59	—2,11	+0,69	—0,15	—0,88
	1—2	+16,0	+11,0	+11,1	+11,3	+8,72	+9,10	+9,43	+6,57	+7,19	+7,71	+4,91	+5,75	+6,48
	1—0	—16,0	—10,3	—10,5	—10,7	—7,66	—8,07	—8,43	—4,98	—5,66	—6,24	—2,65	—3,60	—4,44
	0—1	+22,0	+16,3	+16,5	+16,7	+13,7	+14,1	+14,4	+11,0	+11,7	+12,2	+8,65	+9,60	+10,4

Scanned with OKEN Scanner

m_v

λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
γ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	5—4	+2,40	+2,14	+1,92	+2,24	+1,99	+1,78	+2,11	+1,87	+1,67	+1,71	+1,51	+1,35	+1,34	+1,19	+1,07
	4—5	—0,40	—0,14	+0,08	—0,24	+0,01	+0,22	—0,11	+0,13	+0,34	+0,29	+0,49	+0,65	+0,66	+0,81	+0,93
	4—3	+3,64	+3,09	+2,62	+3,48	+2,94	+2,46	+3,34	+2,82	+2,33	+2,85	+2,35	+1,94	+2,39	+1,96	+1,60
	3—4	+0,36	+0,91	+1,38	+0,52	+1,06	+1,54	+0,66	+1,20	+1,67	+1,15	+1,65	+2,06	+1,61	+2,04	+2,40
	3—2	+3,86	+3,00	+2,24	+3,91	+3,02	+2,24	+3,90	+2,99	+2,21	+3,69	+2,78	+2,00	+3,36	+2,48	+1,74
	2—3	+2,14	+3,00	+3,76	+2,09	+2,98	+3,76	+2,10	+3,01	+3,79	+2,31	+3,22	+4,00	+2,64	+3,52	+4,26
	2—1	+2,60	+1,44	+0,41	+3,07	+1,83	+0,75	+3,36	+2,07	+0,55	+3,92	+2,51	+1,31	+4,13	+2,66	+1,42
	1—2	+5,40	+6,57	+7,59	+4,93	+6,17	+7,25	+4,64	+5,93	+7,05	+4,08	+5,49	+6,69	+3,87	+5,34	+6,58
	1—0	—1,50	—2,87	—4,07	—0,52	—2,00	—3,30	+0,18	—1,39	—2,76	+1,97	+0,16	—1,40	+3,52	+1,49	—0,25
	0—1	+11,5	+12,9	+14,1	+10,5	+12,0	+13,3	+9,82	+11,4	+12,8	+8,03	+9,84	+11.4	+6,48	+8,52	+10,2

m_s

Secțiunea																
	5—4	+2,10	+1,88	+1,70	+1,99	+1,78	+1,59	+1,90	+1,69	+1,51	+1,63	+1,42	+1,27	+1,29	+1,16	+1,04
	4—5	—0,10	+0,12	+0,31	+0,01	+0,22	+0,41	+0,10	+0,31	+0,49	+0,40	+0,59	+0,73	+0,71	+0,84	+0,96
	4—3	+2,86	+2,40	+2,00	+2,78	+2,32	+1,92	+2,69	+2,23	+1,84	+2,38	+1,95	+1,58	+2,07	+1,68	+1,35
	3—4	+0,74	+1,20	+1,60	+0,82	+1,29	+1,68	+0,91	+1,37	+1,77	+1,22	+1,66	+2,02	+1,53	+1,92	+2,25
	3—2	+2,65	+1,94	+1,32	+2,74	+2,01	+1,37	+2,77	+2,02	+1,37	+2,73	+1,96	+1,30	+2,58	+1,82	+1,18
	2—3	+2,15	+2,86	+3,48	+2,36	+2,79	+3,43	+2,03	+2,78	+3,43	+2,07	+2,85	+3,50	+2,22	+2,98	+3,62
	2—1	+1,40	+0,46	—0,37	+1,78	+0,79	—0,09	+2,03	+0,99	+0,08	+2,53	+1,39	+0,42	+2,77	+1,58	+0,58
	1—2	+4,30	+5,14	+5,97	+3,82	+4,81	+5,69	+3,57	+4,61	+5,52	+3,07	+4,21	+5,12	+8,23	+4,02	+5,03
	1—0	—1,50	—2,59	—3,54	—0,79	—1,96	—2,99	—0,29	—1,52	—2,61	+0,98	—0,44	—1,65	+2,03	+0,46	—0,88
	0—1	+7,50	+8,59	+9,54	+6,79	+7,96	+8,99	+6,29	+7,52	+8,61	+5,02	+6,44	+7,65	+3,97	+5,54	+6,88

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 6$ niveluri

m_v

λ		0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
γ		1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	6—5	+0,00	+1,56	+1,48	+1,41	+0,80	+1,84	+1,71	+2,13	+1,94	+1,77	+1,97	+1,76	+1,57
	5—6	+1,39	+0,17	—0,09	—0,02	—0,59	—0,45	—0,33	—0,74	—0,55	—0,39	—0,58	—0,37	—0,18
	5—4	—1,39	+1,77	+1,61	+1,48	+2,70	+2,42	+2,17	+3,16	+2,77	+2,44	+3,06	+2,62	+2,24
	4—5	+4,17	+1,00	+1,17	+1,30	+0,08	+0,36	+0,60	—0,38	+0,01	+0,34	—0,28	+0,16	+0,54
	4—3	—4,17	+0,62	+0,38	+0,19	+2,16	+1,75	+1,39	+3,15	+2,56	+2,08	+3,43	+2,74	+2,14
	3—4	+8,33	+3,54	+3,78	+3,98	+2,01	+2,42	+2,78	+1,01	+1,60	+2,09	+0,73	+1,43	+2,03
	3—2	—8,33	—1,99	—2,29	—2,54	+0,24	—0,29	—0,74	+1,97	+1,20	+0,57	+2,96	+2,01	+1,19
	2—3	+13,9	+7,55	+7,85	+8,09	+5,32	+5,84	+6,29	+3,58	+4,35	+4,99	+2,60	+3,54	+4,37
	2—1	—13,9	—6,24	—6,58	—6,86	—3,33	—3,93	—4,46	—0,76	—1,67	—2,43	+1,17	+0,00	—1,03
	1—2	+20,8	+13,2	+13,5	+13,8	+10,3	+10,9	+11,4	+7,70	+8,61	+9,37	+5,78	+6,95	+7,97
	1—0	—20,8	—12,4	—12,7	—13,0	—8,96	—9,61	—10,2	—5,72	—6,72	—7,55	—2,94	—4,24	—5,39
	0—1	+29,2	+20,7	+21,1	+21,4	+17,3	+17,9	+18,5	+14,1	+15,1	+15,9	+11,3	+12,6	+13,7

m_s

Secțiunea	6—5	+0,00	+1,27	+1,21	+1,15	+1,63	+1,52	+1,42	+1,79	+1,63	+1,50	+1,70	+1,52	+1,37
	5—6	+1,39	+0,16	+0,18	+0,24	—0,24	—0,13	—0,03	—0,40	—0,24	—0,11	—0,31	—0,13	+0,02
	5—4	—1,39	+1,19	+1,06	+0,95	+1,97	+1,74	+1,55	+2,40	+2,09	+1,82	+2,41	+2,05	+1,73
	4—5	+3,94	+1,36	+1,49	+1,60	+0,58	+0,80	+1,00	+0,14	+0,46	+0,72	+0,13	+0,50	+0,82
	4—3	—3,94	—0,06	—0,25	—0,41	+1,22	+0,89	+0,60	+2,09	+1,62	+1,22	+2,42	+1,86	+1,37
	3—4	+7,41	+3,53	+3,72	+3,88	+2,26	+2,59	+2,87	+1,38	+1,86	+2,25	+1,05	+1,61	+2,10
	3—2	—7,41	—2,32	—2,56	—2,76	—0,51	—0,93	—1,29	+0,92	+0,31	—0,20	+1,79	+1,03	—0,36
	2—3	+11,6	+6,49	+6,33	+6,92	+4,68	+5,10	+5,46	+3,25	+3,86	+4,37	+2,58	+3,14	+3,81
	2—1	—11,6	—5,50	—5,77	—6,00	—3,20	—3,68	—4,10	—1,18	—1,90	—2,50	+0,33	—0,59	—1,40
	1—2	+16,2	+10,1	+10,4	+10,6	+7,83	+8,31	+8,73	+5,80	+6,53	+7,13	+4,30	+5,22	+6,03
	1—0	—16,2	—9,53	—9,82	—10,1	—5,89	—7,41	—7,86	—4,43	—5,22	—5,87	—2,37	—3,40	—4,30
	0—1	+21,1	+14,4	+14,7	+14,9	+11,8	+12,3	+12,7	+9,29	+10,1	+10,7	+7,24	+8,26	+9,16

Scanned with OKEN Scanner

m_v

λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
γ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	6—5	+1,78	+1,58	+1,40	+1,63	+1,44	+1,28	+1,51	+1,33	+1,18	+1,20	+1,06	+0,94	+0,93	+0,83	+0,75
	5—6	—0,39	—0,19	—0,01	—0,24	—0,05	+0,11	—0,13	+0,06	+0,21	+0,19	+0,33	+0,45	+0,46	+0,56	+0,64
	5—4	+2,82	+2,39	+2,01	+2,62	+2,20	+1,84	+2,46	+2,05	+1,70	+2,02	+1,66	+1,37	+1,66	+1,36	+1,11
	4—5	—0,05	+0,39	+0,77	+0,16	+0,58	+0,94	+0,32	+0,73	+1,07	+0,76	+1,12	+1,41	+1,12	+1,42	+1,67
	4—3	+3,34	+2,63	+2,01	+3,21	+2,50	+1,89	+3,08	+2,38	+1,78	+2,70	+2,03	+1,47	+2,36	+1,74	+1,22
	3—4	+0,83	+1,54	+2,15	+0,96	+1,67	+2,28	+1,08	+1,79	+2,39	+1,47	+2,13	+2,69	+1,81	+2,43	+2,94
	3—2	+3,22	+2,21	+1,34	+3,30	+2,27	+1,37	+3,32	+2,26	+1,36	+3,23	+2,16	+1,25	+3,02	+1,97	+1,09
	2—3	+2,33	+3,34	+4,22	+2,25	+3,29	+4,19	+2,23	+3,29	+4,20	+2,32	+3,40	+4,30	+2,53	+3,58	+4,47
	2—1	+1,98	+0,70	—0,43	+2,44	+1,08	—0,11	+2,72	+1,30	+0,09	+3,28	+1,76	+0,47	+3,53	+1,95	+0,61
	1—2	+4,96	+6,23	+7,37	+4,51	+5,87	+7,05	+4,23	+5,64	+6,85	+3,66	+5,18	+6,48	+3,42	+5,00	+6,33
	1—0	—1,54	—3,01	—4,29	—0,65	—2,23	—3,61	—0,03	—1,70	—3,13	+1,56	—0,32	—1,92	+2,90	+0,83	—0,93
	0—1	+9,87	+11,3	+12,6	+8,99	+10,6	+11,9	+8,36	+10,0	+11,5	+6,78	+8,65	+10,3	+5,43	+7,50	+9,26

m_s

Secțiunea																
	6—5	+1,57	+1,40	+1,25	+1,46	+1,30	+1,15	+1,37	+1,22	+1,08	+1,13	+1,00	+0,89	+0,91	+0,81	+0,73
	5—6	—0,18	—0,01	+0,14	—0,07	+0,09	+0,23	+0,02	+0,17	+0,31	+0,26	+0,39	+0,50	+0,48	+0,58	+0,66
	5—4	+2,27	+1,91	+1,59	+2,14	+1,78	+1,48	+2,04	+1,68	+1,39	+1,73	+1,42	+1,15	+1,48	+1,20	+0,97
	4—5	+0,27	+0,64	+0,96	+0,40	+0,76	+1,07	+0,51	+0,86	+1,16	+0,82	+1,13	+1,40	+1,07	+1,35	+1,58
	4—3	+2,42	+1,84	+1,33	+2,36	+1,78	+1,27	+2,30	+1,71	+1,21	+2,09	+1,52	+1,04	+1,90	+1,35	+0,89
	3—4	+1,05	+1,64	+2,15	+1,11	+1,70	+2,21	+1,17	+1,76	+2,26	+1,38	+1,95	+2,43	+1,58	+2,12	+2,58
	3—2	+2,05	+1,24	+0,53	+2,16	+1,32	+0,59	+2,21	+1,35	+0,62	+2,24	+1,36	+0,62	+2,18	+1,30	+0,56
	2—3	+2,11	+2,93	+3,64	+2,00	+2,84	+3,57	+1,95	+2,82	+3,55	+1,92	+2,81	+3,55	+1,99	+2,86	+3,61
	2—1	+0,97	—0,04	—0,93	+1,33	+0,86	—0,68	+1,56	+0,44	—0,52	+2,02	+0,82	—0,20	+2,27	+1,02	—0,04
	1—2	+3,66	+4,67	+5,56	+3,30	+4,37	+5,31	+3,07	+4,19	+5,15	+2,61	+3,81	+4,83	+2,36	+3,62	+4,67
	1—0	—1,37	—2,52	—3,52	—0,75	—1,98	—3,05	—0,32	—1,61	—2,72	+0,75	—0,68	—1,91	+1,63	+0,07	—1,26
	0—1	+6,29	+7,38	+8,38	+5,61	+6,84	+7,91	+5,18	+6,47	+2,58	+4,11	+5,55	+6,77	+3,23	+4,80	+6,13

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 7$ niveluri

m_v

Secțiunea	λ / γ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
		1,00	1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,00	1,10	1,20
	7—6	0,00	+1,49	+1,40	+1,32	+1,76	+1,62	+1,50	+1,77	+1,59	+1,44	+1,54	+1,37	+1,21
	6—7	+1,02	—0,47	—0,38	—0,30	—0,74	—0,60	—0,48	—0,75	—0,57	—0,42	—0,52	—0,34	—0,19
	6—5	—1,02	+2,00	+1,83	+1,67	+2,63	+2,34	+2,11	+2,77	+2,41	+2,10	+2,47	+2,10	+1,79
	5—6	+3,06	+0,03	+0,21	+0,37	—0,59	—0,30	—0,06	—0,73	—0,37	—0,06	—0,43	—0,06	+0,25
	5—4	—3,06	+1,55	+1,30	+1,07	+2,64	+2,22	+1,86	+3,10	+2,56	+2,08	+2,97	+2,38	+1,87
	4—5	+6,12	+1,51	+1,77	+2,00	+0,43	+0,85	+1,20	—0,04	+0,51	+0,98	+0,09	+0,68	+1,19
	4—3	—6,12	+0,08	—0,25	—0,55	+1,73	+1,19	+0,72	+2,73	+2,00	+1.36	+3,02	+2,19	+1,48
	3—4	+10,2	+4,00	+4,33	+4,63	+2,35	+2,90	+3,36	+1,36	+2,08	+2,72	+1,08	+1,89	+2,61
	3—2	—10,2	—2,51	—2,90	—3,25	—0,22	—0,88	—1,43	+1,47	+0,57	—0,22	+2,44	+1,37	+0,44
	2—3	+15,3	+7,62	+8,00	+8,35	+5,32	+5,98	+6,53	+3,64	+4,53	+5,32	+2,67	+3,73	+4,66
	2—1	—15,3	—6,38	—6,81	—7,20	—3,47	—4,21	—4,84	—1,03	—2,06	—2,97	+0,79	—0,48	—1,60
	1—2	+21,4	+12,5	+12,9	+13,3	+9,60	+10,3	+11,0	+7,15	+8,18	+9,09	+5,33	+6,61	+7,72
	1—0	—21,4	—11,7	—12,2	—12,6	—8,40	—9,2	—9,84	—5,37	—6,47	—7,45	—2,79	—4,19	—5,41
	0—1	+28,6	+18,9	+19,3	+19,7	+15,5	+16,3	+17,0	+12,5	+13,6	+14,6	+9,93	+11,3	+12,6

m_s

Secțiunea														
	7—6	0,00	+1,21	+1,14	+1,07	+1,45	+1,33	+1,24	+1,40	+1,34	+1,22	+1,34	+1,19	+1,06
	6—7	+1,02	—0,19	—0,12	—0,06	—0,43	—0,31	—0,22	—0,47	—0,32	—0,20	—0,32	—0,17	—0,05
	6—5	—1,02	+1,43	+1,29	+1,77	+1,97	+1,74	+1,55	+2,15	+1,86	+1,61	+1,99	+1,68	+1,42
	5—6	+2,92	+0,46	+0,60	+0,73	—0,07	+0,15	+0,34	—0,25	+0,04	+0,29	—0,09	+0,21	+0,48
	5—4	—2,92	+0,80	+0,60	+0,42	+1,72	+1,38	+1,10	+2,18	+1,74	+1,36	+2,17	+1,70	+1,28
	4—5	+5,54	+1,82	+2,03	+2,21	+0,91	+1,24	+1,52	+0,45	+0,89	+1,27	+0,44	+0,93	+1,34
	4—3	—5,54	—0,58	—0,84	—1,07	+0,78	+0,35	—0,02	+1,65	+1,07	+0,56	+1,99	+1,32	+0,75
	3—4	+8,75	+3,79	+4,04	+4,28	+2,43	+2,86	+3,23	+1,56	+2,14	+2,65	+1,22	+1,88	+2,46
	3—2	—8,75	—2,65	—2,96	—3,24	—0,82	—1,34	—1,78	+0,54	—0,16	+0,79	+1,37	+0,53	—0,21
	2—3	—12,4	+6,30	+6,61	+6,88	+4,47	+4,99	+5,42	+3,10	+3,81	+4,43	+2,28	+3,12	+3,86
	2—1	—12,4	—5,39	—5,73	—6,04	—3,13	—3,71	—4,20	—1,25	—2,06	—2,77	+0,13	—0,86	—1,73
	1—2	+16,3	+9,33	+9,67	+9,97	+7,07	+7,65	+8,14	+5,19	+6,00	+6,71	+3,81	+4,80	+5,67
	1—0	+16,3	—8,79	—9,14	—9,46	—6,24	—6,85	—7,37	—3,98	—4,85	—5,61	—2,14	—3,22	4,16
	0—1	+20,4	+12,9	+13,2	+13,5	+10,3	+10,9	+11,5	+8,06	+8,93	+9,69	+6,22	+7, 0	+8,24

Scanned with OKEN Scanner

m_v

Secțiunea	λ	0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
	γ	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	7—6	+1,36	+1,20	+1,06	+1,22	+1,08	+0,95	+1,13	+1,00	+0,88	+0,88	+0,78	+0,69	+0,68	+0,61	+0,55
	6—7	—0,34	—0,17	—0,04	—0,20	—0,06	+0,07	—0,11	+0,03	+0,14	+0,14	+0,24	+0,33	+0,34	+0,41	+0,47
	6—5	+2,20	+1,85	+1,55	+2,00	+1,67	+1,39	+1,85	+1,54	+1,28	+1,49	+1,23	+1,00	+1,22	+1,00	+0,82
	5—6	—0,16	+0,19	+0,49	+0,04	+0,37	+0,65	+0,19	+0,50	+0,76	+0,55	+0,81	+1,03	+0,82	+1,04	+1,23
	5—4	+2,73	+2,15	+1,66	+2,54	+1,97	+1,50	+2,39	+1,84	+1,38	+2,02	+1,52	+1,10	+1,73	+1,28	+0,90
	4—5	+0,33	+0,91	+1,41	+0,52	+1,09	+1,56	+0,67	+1,22	+1,68	+1,04	+1,54	+1,96	+1,33	+1,78	+2,16
	4—3	+2,96	+2,12	+1,39	+2,87	+2,01	+1,30	+2,78	+1,93	+1,22	+2,49	+1,68	+0,99	+2,24	+1,46	+0,81
	3—4	+1,12	+1,96	+2,69	+1,22	+2,07	+2,79	+1,31	+2,15	+2,87	+1,59	+2,40	+3,09	+1,84	+2,62	+3,27
	3—2	+2,72	+1,60	+0,62	+2,83	+1,67	+0,67	+2,87	+1,69	+0,69	+2,86	+1,66	+0,65	+2,73	+1,54	+0,53
	2—3	+2,38	+3,51	+4,48	+2,27	+3,44	+4,43	+2,23	+3,41	+4,41	+2,24	+3,44	+4,46	+2,37	+3,56	+4,57
	2—1	+1,57	+0,18	—1,02	+2,00	+0,54	—0,11	+2,27	+0,76	—0,52	+2,82	+1,21	—0,15	+3,08	+1,41	+0,00
	1—2	+4,56	+5,94	+7,15	+4,12	+5,59	+6,84	+3,85	+5,36	+6,64	+3,30	+4,91	+6,27	+3,05	+4,71	+6,12
	1—0	—1,51	—3,06	—4,41	—0,70	—2,36	—3,79	—0,14	—1,87	—3,36	+1,28	—0,64	—2,28	+2,64	+0,37	—1,41
	0—1	+8,65	+10,2	+11,6	+7,85	+9,51	+10,9	+7,28	+9,02	+10,5	+5,86	+7,79	+9,43	+4,68	+6,77	+8,55

m_s

Secțiunea																
	7—6	+1,21	+1,07	+0,95	+1,11	+0,98	+0,87	+1,03	+0,91	+0,81	+0,84	+0,74	+0,66	+0,67	+0,60	+0,54
	6—7	—0,19	—0,05	+0,07	—0,09	+0,04	+0,15	—0,01	+0,11	+0,21	+0,18	+0,28	+0,36	+0,35	+0,43	+0,48
	6—5	+1,81	+1,51	+1,26	+1,67	+1,39	+1,15	+1,57	+1,30	+1,07	+1,31	+1,07	+0,87	+1,10	+0,90	+0,73
	5—6	+0,09	+0,38	+0,63	+0,22	+0,51	+0,75	+0,32	+0,60	+0,83	+0,59	+0,83	+1,02	+0,79	+1,00	+1,17
	5—4	+2,05	+1,57	+1,16	+1,94	+1,47	+1,07	+1,86	+1,39	+1,00	+1,62	+1,19	+0,82	+1,44	+1,04	+0,69
	4—5	+0,57	+1,05	+1,46	+0,68	+1,16	+1,56	+0,77	+1,24	+1,63	+1,00	+1,44	+1,81	+1,18	+1,59	+1,93
	4—3	+2,01	+1,33	+0,74	+1,99	+1,29	+0,70	+1,95	+1,26	+0,67	+1,83	+1,14	+0,56	+1,70	+1,04	+0,47
	3—4	+1,19	+1,88	+2,47	+1,22	+1,92	+2,51	+1,25	+1,95	+2,54	+1,38	+2,07	+2,64	+1,50	+2,17	+2,73
	3—2	+1,64	+0,75	—0,03	+1,76	+0,83	+0,04	+1,82	+0,88	+0,08	+1,90	+0,93	+0,11	+1,88	+0,91	+0,09
	2—3	+2,00	+2,90	+3,68	+1,88	+2,81	+3,60	+1,82	+2,77	+3,57	+1,75	+2,71	+3,53	+1,97	+2,73	+3,55
	2—1	+0,72	—0,36	—1,30	+1,05	—0,09	—1,06	+1,25	+0,08	—0,91	+1,68	+0,44	—0,62	+1,91	+0,62	—0,47
	1—2	+3,22	+4,30	+5,24	+2,89	+4,03	+5,00	+2,68	+3,85	+4,85	+2,25	+5,50	+4,56	+2,03	+3,32	+4,41
	1—0	—1,25	—2,44	—3,48	—0,70	—1,97	—3,06	—0,32	—1,64	—2,77	+0,61	—0,84	—2,07	+1'36	—0,20	—1,52
	0—1	+5,33	+6,62	+7,56	+4,78	+6,05	+7,14	+4,40	+5,72	+6,85	+3,47	+4,92	+6,15	+2,72	+4,28	+5,60

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 8$ niveluri

m_v

Secțiunea		λ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
		γ	1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,02
	8—7		+0,00	+1,40	+1,30	+1,22	+1,56	+1,42	+1,31	+1,47	+1,32	+1,18	+1,23	+1,08	+0,96
	7—8		+0,78	—0,62	—0,52	—0,44	—0,78	—0,64	—0,52	—0,69	—0,54	—0,40	—0,44	—0,30	—0,17
	7—6		—0,78	+2,07	+1,88	+1,72	+2,45	+2,17	+1,95	+2,39	+2,06	+1,79	+2,00	+1,00	+1,43
	6—7		+2,34	—0,51	—0,32	—0,16	—0,89	—0,61	—0,38	—0,82	—0,50	—0,23	—0,44	—0,13	+0,13
	6—5		—2,34	+2,02	+1,74	+1,50	+2,73	+2,32	+1,97	+2,83	+2,34	+1,92	+2,40	+2,00	+1,57
	5—6		+4,69	+0,32	+0,60	+0,84	—0,38	+0,03	+0,37	—0,49	+0,00	+0,43	—0,14	+0,35	+0,77
	5—4		—4,69	+1,23	+0,87	+0,56	+2,38	+1,48	+1,38	+2,83	+2,17	+1,59	+2,71	+2,01	+1,41
	4—5		+7,81	+1,89	+2,25	+2,57	+0,74	+1,29	+1,74	+0,29	+0,96	+1,54	+0,41	+1,11	+1,72
	4—3		—7,81	—0,35	—0,79	—1,17	+1,33	+0,70	+0,11	+2,31	+1,47	+0,73	+2,63	+1,70	+0,89
	3—4		+11,7	+4,26	+4,69	+5,07	+2,57	+3,24	+3,79	+1,60	+2,44	+3,18	+1,27	+2,21	+3,02
	3—2		—11,7	—2,83	—3,33	—3,76	—0,56	—1,32	—1,97	+1,08	+0,07	—0,81	+2,03	+0,87	—0,14
	2—3		+16,4	+7,52	+8,01	+8,45	+5,24	+6,01	+6,66	+3,61	+4,61	+5,49	+2,65	+3,82	+4,83
	2—1		—16,4	—6,35	—6,89	—7,36	—3,51	—4,36	—5,07	—1,19	—2,32	—3,31	+0,53	—0,82	—2,02
	1—2		+21,9	+11,8	+12,4	+12,8	+8,99	+9,83	+10,5	+6,66	+7,79	+8,78	+4,94	+6,29	+7,48
	1—0		—21,9	—11,1	—11,7	—12,2	—7,89	—8,77	—9,52	—5,03	—6,23	—7,29	—2,63	—4,11	—5,40
	0—1		+28,1	+17,4	+17,9	+18,4	+14,1	+15,0	+15,8	+11,3	+12,5	+13,5	+8,88	+10,4	+11,6

Scanned with OKEN Scanner

m_v

Secțiunea	λ	0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
	γ	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	6—7	+1,03	+0,93	+0,82	+0,95	+0,83	+0,73	+0,84	+0,76	+0,67	+0,68	+0,60	+0,53	+0,52	+0,47	+0,42
	7—8	—0,28	—0,15	—0,04	—0,17	—0,05	+0,05	—0,09	+0,02	+0,11	+0,10	+0,19	+0,25	+0,26	+0,31	+0,36
	7—6	+1,74	+1,45	+1,22	+1,56	+1,30	+1,08	+1,44	+1,19	+0,98	+1,14	+0,94	+0,77	+0,93	+0,77	+0,63
	6—7	—0,17	+0,11	+0,35	+0,00	+0,27	+0,48	+0,13	+0,37	+0,58	+0,42	+0,62	+0,79	+0,63	+0,80	+0,94
	6—5	+2,21	+1,73	+1,34	+2,01	+1,56	+1,19	+1,88	+1,44	+1,08	+1,55	+1,17	+0,85	+1,33	+0,98	+0,69
	5—6	+0,14	+0,61	+1,01	+0,33	+0,78	+1,16	+0,47	+0,90	+1,26	+0,78	+1,18	+1,50	+1,02	+1,36	+1,66
	5—4	+2,52	+1,81	+1,22	+2,36	+1,67	+1,09	+2,24	+1,57	+1,00	+1,94	+1,31	+0,78	+1,72	+1,12	+0,62
	4—5	+0,61	+1,31	+1,90	+0,77	+1,45	+2,03	+0,89	+1,56	+2,13	+1,19	+1,82	+2,35	+1,41	+2,00	+2,51
	4—3	+2,62	+1,66	+0,84	+2,56	+1,59	+0,78	+2,50	+1,54	+0,72	+2,30	+1,35	+0,56	+2,11	+1,19	+0,42
	3—4	+1,29	+2,25	+3,07	+1,35	+2,31	+3,13	+1,41	+2,37	+3,18	+1,61	+2,55	+3,35	+1,80	+2,72	+3,49
	3—2	+2,34	+1,10	+0,05	+2,47	+1,20	+0,13	+2,52	+1,24	+0,15	+2,56	+1,26	+0,15	+2,48	+1,18	+0,07
	2—3	+2,35	+3,58	+4,63	+2,22	+3,49	+4,56	+2,16	+3,45	+4,53	+2,13	+3,43	+4,54	+2,21	+3,51	+4,61
	1—1	+1,27	—0,20	—1,46	+1,69	+0,15	—0,17	+1,95	+0,37	—0,98	+2,47	+0,80	—0,63	+2,72	+0,99	—0,47
	1—2	+4,29	+5,67	+6,93	+3,78	+5,32	+6,64	+3,52	+5,10	+6,45	+3,00	+4,67	+6,10	+2,74	+4,48	+5,94
	1—0	—1,45	—3,08	—4,47	—0,71	—2,43	—3,91	—0,20	—1,99	—3,51	+1,08	—0,88	—2,55	+2,15	+0,03	—1,77
	0—1	+7,70	+9,33	+10,7	+6,96	+8,68	+10,2	+6,45	+8,23	+9,76	+5,17	+7,13	+8,80	+4,10	+6,22	+8,02

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6 (continuare)

m_s

Secțiunea		λ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
		γ	1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	8—7		+0,00	+1,13	+1,06	+0,99	+1,28	+1,17	+1,08	+1,24	+1,12	+1,01	+1,07	+0,95	+0,85
	7—8		+0,78	—0,35	—0,28	—0,21	—0,50	—0,39	—0,30	—0,46	—0,34	—0,22	—0,29	—0,17	—0,07
	7—6		—0,78	+1,52	+1,37	+1,24	+1,87	+1,65	+1,46	+1,88	+1,62	+1,39	+1,74	+1,38	+1,16
	6—7		+2,25	—0,06	+0,09	+0,22	—0,40	—0,18	+0,00	—0,41	—0,15	+0,07	—0,17	+0,08	+0,30
	6—5		—2,25	+1,27	+1,04	+0,85	+1,88	+1,56	+1,28	+2,06	+1,66	+1,32	+1,88	+1,48	+1,13
	5—6		+4,30	+0,79	+1,01	+1,20	+0,17	+0,49	+0,77	—0,01	+0,39	+0,73	+0,17	+0,58	+0,92
	5—4		—4,30	+0,43	+0,15	+0,10	+1,40	+0,97	+0,61	+1,86	+1,33	+0,86	+1,88	+1,31	+0,82
	4—5		+6,84	+2,11	+2,39	+2,64	+1,14	+1,57	+1,93	+0,68	+1,21	+1,68	+0,66	+1,23	+1,72
	4—3		—6.84	+0,93	—1,27	—1,57	+0,44	—0,08	—0,52	+1,29	+0,62	+0,04	+1,64	+0,90	+0,25
	3—4		+9,77	+3,86	+4,20	+4,50	+2,49	+3,01	+3,45	+1,64	+2,31	+2,89	+1,29	+2,03	+2,68
	3—2		—9,77	—2,80	—3,19	—3,53	—1,01	—1,61	—2,11	+0,29	—0,49	—1,18	+1,08	+0,17	—0,62
	2—3		+12,9	+6,03	+6,41	+6,75	+4,23	+4,83	+5,34	+2,83	+3,72	+4,41	+2,14	+3,05	+3,85
	2—1		—12,9	—5,19	—5,60	—5,97	—3,01	—3,67	—4,23	—1,26	—2,14	—2,91	+0,01	—1,03	—1,95
	1—2		+16,4	+8,60	+9,02	+9,39	+6,43	+7,09	+7,64	+4,68	+5,56	+6,33	+3,41	+4,45	+5,37
	1—0		—16,4	—8.11	—8,55	—8,93	—5,69	—6,38	—6,96	—3,61	—4,54	—5,35	—1,93	—3,06	—4,04
	0—1		+19,9	+11,6	+12,1	+12,4	+9,20	+9,89	+10,5	+7,13	+8,05	+8,86	+5,45	+6,57	+7,56

Scanned with OKEN Scanner

m_s

λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
γ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	8—7	+0,95	+0,84	+0,74	+0,87	+0,76	+0,68	+0,80	+0,71	+0,63	+0,65	+0,57	+0,51	+0,51	+0,46	+0,41
	7—8	—0,17	—0,06	+0,04	—0,08	+0,02	+0,10	—0,02	+0,07	+0,15	+0,14	+0,21	+0,27	+0,27	+0,32	+0,37
	7—6	+1,46	+1,21	+1,01	+1,33	+1,10	+0,91	+1,24	+1,02	+0,84	+1,02	+0,84	+0,68	+0,86	+0,70	+0,56
	6—7	+0,01	+0,25	+0,45	+0,14	+0,36	+0,55	+0,23	+0,44	+0,62	+0,45	+0,63	+0,78	+0,61	+0,77	+0,90
	6—5	+1,71	+1,31	+0,98	+1,59	+1,20	+0,88	+1,50	+1,12	+0,81	+1,28	+0,94	+0,66	+1,13	+0,82	+0,55
	5—6	+0,34	+0,74	+1,07	+0,46	+0,85	+1,17	+0,55	+0,93	+1,24	+0,77	+1,11	+1,39	+0,92	+1,24	+1,50
	5—4	+1,79	+1,21	+0,73	+1,71	+1,14	+0,66	+1,65	+1,08	+0,61	+1,48	+0,94	+0,48	+1,36	+0,84	+0,40
	4—5	+0,75	+1,33	+1,81	+0,83	+1,40	+1,88	+0,89	+1,46	+1,93	+1,06	+1,60	+2,06	+1,18	+1,70	+2,14
	4—3	+1,70	+0,92	+0,27	+1,70	+0,92	+0,25	+1,68	+0,90	+0,24	+1,61	+0,83	+0,18	+1,53	+0,77	+0,12
	3—4	+1,23	+2,01	+2,66	+1,23	+2,01	+2,68	+1,25	+2,03	+2,69	+1,32	+2,10	+2,25	+1,40	+2,17	+2,81
	3—2	+1,35	+0,38	—0,44	+1,48	+0,48	—0,36	+1,54	+0,54	—0,32	+1,64	+0,61	—0,27	+1,65	+0,61	—0,27
	2—3	+1,37	+2,84	+3,67	+1,75	+2,74	+3,59	+1,68	+2,69	+3,34	+1,58	+2,61	+3,49	+1,58	+2,62	+3,49
	2—1	—0,55	—0,58	—1,55	+0,86	—0,33	+1,33	—1,05	—0,17	—1,20	+1,44	+0,16	—0,93	+1,65	+0,33	—0,79
	1—2	+2,86	+4,00	+4,97	+2,56	+3,74	+4,75	+2,37	+3,58	+4,62	+1,98	+3,26	+4,34	+1,77	+3,09	+4,21
	1—0	—1,13	—2,37	—3,43	—0,64	—1,94	—3,05	—0,31	—1,65	—2,80	+0,51	—0,95	—2,19	+1,17	—0,39	—1,71
	0—1	+4,65	+5,88	+6,94	+4,16	+5,46	+6,57	+3,82	+5,17	+6,32	+3,00	+4,46	+5,70	+2,35	+3,90	+5,22

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 9$ niveluri

m_v

	λ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
	γ	1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	9—8	0,00	+1,30	+1,21	+1,12	+1,37	+1,24	+1,13	+1,24	+1,10	+0,98	+0,99	+0,87	+0,77
	8—9	+0,62	+0,69	—0,59	—0,51	—0,75	—0,62	—0,51	—0,62	—0,48	—0,36	—0,37	—0,25	—0,15
	8—7	—0,62	+2,04	+1,84	+1,68	+2,23	+1,97	+1,74	+2,04	+1,76	+1,51	+1,38	—1,38	—1,16
	7—8	+1,85	—0,80	—0,61	—0,44	—1,00	—0,74	—0,51	—0,81	—0,52	—0,28	—0,40	—0,15	+0,07
	7—6	—1,85	+2,23	+1,94	+1,69	+2,64	+2,24	+1,90	+2,51	+2,08	+1,70	+2,07	+1,66	+1,30
	6—7	+3,70	—0,37	—0,09	+0,16	—0,79	—0,39	—0,05	—0,66	—0,22	+0,15	—0,22	+0,19	+0,55
	6—5	—3,70	+1,86	+1,49	+1,16	+2,60	+2,07	+1,61	+2,68	+2,08	+1,56	+2,35	+1,75	+1,24
	5—6	+6,17	+0,61	+0,98	+1,31	—0,13	+0,40	+0,86	—0,21	+0,39	+0,91	+0,12	+0,72	+1,23
	5—4	—6,17	+0,91	+0,45	+0,06	+2,07	+1,42	+0,85	+2,53	+1,76	+1,09	+2,45	+1,65	+0,95
	4—5	+9,26	+2,18	+2,63	+3,03	+1,01	+1,66	+2,24	+0,56	+1,33	+2,00	+0,63	+1,14	+2,13
	4—3	—9,26	—0,69	—1,22	—1,68	+0,99	+0,22	—0,46	+1,95	+1,01	+0,19	+2,31	+1,28	+0,39
	3—4	+13,0	+4,39	+4,92	+5,38	+2,72	+3,48	+4,16	+1,75	+2,69	+3,51	+1,40	+2,42	+3,32
	3—2	—13,0	—3,03	—3,62	—4,13	—0,80	—1,67	—2,43	+0,78	—0,31	—1,27	+1,73	+0,48	—0,60
	2—3	+17,3	+7,35	+7,94	+8,45	+5,12	+5,99	+6,75	+3,54	+4,63	+5,59	+2,59	+3,84	+4,92
	2—1	+17,3	—6,25	—6,88	—7,43	—3,51	—4,44	—5,28	—1,29	—2,50	—3,56	—0,35	—1,07	—2,32
	1—2	+22,2	+11,2	+11,8	+12,4	+8,44	+9,38	+10,2	+6,29	+7,44	+8,50	+4,58	+6,01	+7,25
	1—0	—22,2	—10,5	—11,2	—11,7	—7,42	—8,40	—9,27	—4,73	—6,00	—7,13	—2,48	—4,01	—5,36
	0—1	+27,8	+16,1	+16,7	+11,3	+13,0	+14,0	+14,8	+10,3	+11,6	+12,7	+8,04	+9,57	+10,9

Scanned with OKEN Scanner

m_v

λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
γ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	9—8	+0,85	+0,74	+0,65	+0,75	+0,66	+0,58	+0,69	+0,60	+0,53	+0,53	+0,47	+0,42	+0,41	+0,37	+0,33
	8—9	—0,23	—0,12	—0,04	—0,14	—0,04	+0,04	—0,07	+0,01	+0,08	+0,08	+0,15	+0,20	+0,20	+0,25	+0,29
	8—7	+1,39	+1,16	+0,97	+1,24	+1,03	+0,86	+1,14	+0,94	+0,78	+0,90	+0,74	+0,61	+0,74	+0,61	+0,49
	7—8	—0,16	+0,07	+0,26	—0,01	+0,20	+0,38	+0,09	+0,45	+0,33	+0,49	+0,62	+0,50	+0,63	+0,63	+0,74
	7—6	+1,79	+1,41	+1,08	+1,62	+1,25	+0,95	+1,50	+1,15	+0,86	+1,23	+0,92	+0,67	+1,05	+0,78	+0,54
	6—7	+0,06	+0,45	+0,77	+0,23	+0,60	+0,90	+0,35	+0,70	+0,99	+0,62	+0,93	+1,18	+0,80	+1,08	+1,31
	6—5	+2,10	+1,52	+1,03	+1,93	+1,37	+0,90	+1,81	+1,27	+0,81	+1,54	+1,04	+0,62	+1,36	+0,89	+0,49
	5—6	+0,37	+0,95	+1,44	+0,54	+1,10	+1,57	+0,66	+1,20	+1,66	+0,93	+1,43	+1,85	+1,11	+1,58	+1,98
	5—4	+2,30	+1,49	+0,81	+2,17	+1,38	+0,71	+2,08	+1,29	+0,63	+1,84	+1,09	+0,45	+1,67	+0,94	+0,33
	4—5	+0,79	+1,60	+2,28	+0,91	+1,71	+2,38	+1,01	+1,79	+2,45	+1,25	+2,00	+2,63	+1,42	+2,14	+2,75
	4—3	+2,33	+1,27	+0,37	+2,30	+1,24	+0,34	+2,27	+1,20	+0,30	+2,12	+1,07	+0,18	+1,97	+0,94	+0,07
	3—4	+1,37	+2,43	+3,33	+1,40	+2,47	+3,37	+1,44	+2,50	+3,41	+1,58	+2,64	+2,53	+1,73	+2,76	+3,63
	3—2	+2,04	+0,73	—0,40	+2,18	+0,83	—0,31	+2,25	+0,88	—0,26	+2,32	+0,92	—0,26	+2,26	+0,87	—0,31
	2—3	+2,28	+3,50	+4,72	+2,14	+3,49	+4,63	+2,07	+3,44	+4,60	+2,01	+3,40	+4,58	+2,06	+3,45	+4,63
	2—1	+1,05	—0,48	—1,80	+1,46	—0,15	—1,52	+1,70	—0,06	—1,34	+2,20	+0,47	—1,00	+2,45	+0,66	—0,85
	1—2	+3,88	+5,42	+6,74	+3,48	+5,09	+6,46	+3,24	+4,88	+6,28	+2,74	+4,47	+5,94	+2,49	+4,28	+5,79
	1—0	—1,38	—3,06	—4,51	—0,70	—2,47	—3,98	—0,23	—2,06	—3,69	—0,96	—1,05	—2,75	+1,90	—0,23	—2,04
	0—1	+6,94	+8,62	+10,1	+6,26	+8,03	+9,54	+5,79	+7,62	+9,18	+4,62	+6,61	+8,30	+3,86	+5,79	+7,60

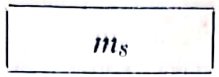
Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7 (continuare)

m_s

Secțiunea		λ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
		γ	1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	9—8		+0,00	+1,05	+0,98	+0,91	+1,13	+1,03	+0,93	+1,05	+0,94	+0,84	+0,88	+0,77	+0,69
	8—9		+0,62	—0,49	—0,36	—0,29	—0,51	—0,41	—0,32	—0,42	—0,32	—0,22	—0,26	—0,16	—0,07
	8—7		—0,62	+1,52	+1,37	+1,24	+1,72	+1,51	+1,33	+1,63	+1,40	+1,20	+1,36	+1,15	+0,96
	7—8		+1,78	—0,36	—0,21	—0,07	—0,56	—0,35	—0,17	—0,46	—0,23	—0,03	—0,19	+0,02	+0,20
	7—6		—1,78	+1,49	+1,27	+1,07	+1,88	+1,57	+1,30	+1,87	+1,52	+1,21	+1,61	+1,26	+0,97
	6—7		+3,43	+0,15	+0,38	+0,57	+0,24	+0,08	+0,35	—0,22	+0,13	+0,44	+0,04	+0,38	+0,68
	6—5		—3,43	+1,02	+0,72	+0,47	+1,67	+1,25	+0,89	+1,84	+1,36	+0,94	+1,69	+1,20	+0,78
	5—6		+5,49	+1,04	+1,34	+1,59	+0,39	+0,80	+1,17	+0,22	+0,70	+1,12	+0,37	+0,86	+1,28
	5—4		—5,49	+0,13	—0,23	+0,54	+1,11	+0,59	+0,14	+1,56	+0,95	+0,42	+1,62	+0,97	+0,41
	4—5		+7,89	+2,27	+2,63	+2,94	+1,30	+1,81	+2,26	+0,84	+1,45	+1,38	+0,78	+1,43	+1,99
	4—3		—7,89	—1,16	—1,57	—1,93	+0,19	—0,41	−0,94	+0,01	+0,27	—0,37	+1,38	+0,57	—0,14
	3—4		+10,6	+3,83	+4,25	+4,60	+2,49	+3,08	+3,61	+1,67	+2,40	+3,05	+1,03	+2,11	+2,81
	3—2		—10,6	—2,84	—3,30	—3,70	—1,11	—1,79	—2,38	+0,12	—0,73	—1,47	+0,87	—0,09	—0,93
	2—3		+13,4	+5,72	+6,18	+6,58	+3,99	+4,67	+5,26	+2,76	+3,61	+4,35	+2,61	+2,97	+3,81
	2—1		+13,4	—4,95	—5,44	—5,86	—2,88	—3,61	—4,25	—1,25	—2,18	—2,99	—0,66	—1,15	—2,01
	1—2		+16,5	+7,97	+8,46	+8,88	+5,40	+6,68	+7,27	+4,26	+5,19	+7,01	+3,08	+4,17	+5,12
	1—0		+16,5	—7,51	—8,02	—8,24	—5,22	—5,98	—6,64	—3,30	—4,27	—5,13	—1,76	—2,92	—3,93
	0—1		+19,6	+10,6	+11,1	+11,6	+8,31	+9,96	+9,73	+6,38	+7,36	+8,22	+4,84	+6,01	+7,02

Scanned with OKEN Scanner



λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
γ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	9—8	+0,77	+0,67	+0,60	+0,69	+0,61	+0,54	+0,64	+0,57	+0,50	+0,51	+0,45	+0,40	+0,41	+0,36	+0,33
	8—9	—0,15	—0,06	+0,02	—0,08	+0,01	+0,08	—0,02	+0,05	+0,12	+0,10	+0,16	+0,21	+0,21	+0,26	+0,29
	8—7	+1,19	+0,99	+0,34	+1,08	+0,89	+0,74	+1,00	+0,83	+0,68	+0,82	+0,67	+0,55	+0,68	+0,56	+0,45
	7—8	—0,02	+0,17	+0,82	+0,09	+0,27	+0,43	+0,17	+0,34	+0,40	+0,35	+0,50	+0,62	+0,48	+0,61	+0,72
	7—6	+1,43	+1,10	+0,82	+1,36	+0,99	+0,73	+1,22	+0,92	+0,67	+1,04	+0,77	+0,53	+0,91	+0,66	+0,45
	6—7	+0,22	+0,55	+0,82	+0,34	+0,65	+0,91	+0,42	+0,72	+0,98	+0,61	+0,88	+1,11	+0,73	+0,99	+1,20
	6—5	+1,55	+1,06	+0,66	+1,45	+0,98	+0,57	+1,38	+0,92	+0,53	+1,21	+0,78	+0,41	+1,10	+0,69	+0,33
	5—6	+0,51	+1,00	+1,40	+0,61	+1,08	+1,48	+0,68	+1,14	+1,53	+0,84	+1,28	+1,65	+0,95	+1,37	+1,73
	5—4	+1,56	+0,91	+0,35	+1,51	+0,85	+0,30	+1,46	+0,82	+0,27	+1,35	+0,72	+0,18	+1,26	+0,64	+0,12
	4—5	+0,84	+1,50	+2,05	+0,89	+1,55	+2,10	+0,94	+1,59	+2,13	+1,05	+1,69	+2,22	+1,14	+1,76	+2,28
	4—3	+1,45	+0,61	—0,10	+1,47	+0,62	—0,10	+1,47	+0, 2	+0,10	+1,44	+0,58	—0,14	+1,38	+0,54	—0,18
	3—4	+1,22	+2,06	+2,78	+1,20	+2,05	+2,77	+1,20	+2,06	+2,78	+1,28	+2,09	+2,81	+1,30	+2,14	+2,86
	3—2	+1,14	+0,12	—0,75	+1,27	+0,22	—0,67	+1,34	+0,28	—0,62	+1,45	+0,36	—0,56	+1,46	+0,37	—0,56
	2—3	+1,74	+2,76	+3,63	+1,61	+2,66	+3,55	+1,54	+2,60	+3,50	+1,43	+2,52	+3,44	+1,42	+2,51	+3,44
	2—1	+0,44	—0,73	—1,73	—0,72	—0,49	—1,53	+0,90	—0,35	—1,41	+1,27	—0,05	—1,16	+1,45	+0,11	—1,03
	1—2	+2,57	+3,75	+4,75	+2,30	+3,51	+4,55	+2,12	+3,36	+4,42	+1,76	+3,07	+4,18	+1,57	+2,91	+4,05
	1—0	—1,03	—2,30	—3,38	—0,59	—1,91	—3,04	—0,29	—1,65	—2,81	—0,44	—1,02	—2,27	+1,03	—0,53	—1,85
	0—1	+4,12	+5,38	+6,46	+3,67	+5,00	+6,13	+3,37	+4,74	+5,90	+2,64	+4,11	+5,36	+2,06	+3,62	+4,93

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 10$ niveluri

m_v

Secțiunea γ	λ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
		1 00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	10—9	0,00	+1,20	+1,11	+1,02	+1,21	+1,09	+0,98	+1,04	+0,92	+0,82	+0,81	+0,71	+0,63
	9—10	+0,50	—0,70	—0,61	—0,52	—0,71	—0,59	—0,48	—0,54	—0,42	—0,32	—0,31	—0,21	—0,13
	9—8	—0,50	+1,95	+1,76	+1,60	+2,01	+1,77	+1,55	+1,75	+1,50	—0,32	+1,35	+1,13	+0,96
	8—9	+1,50	—0,96	—0,76	—0,60	—1,01	—0,77	—0,55	—0,75	—0,50	—0,28	—0,35	—0,13	+0,05
	8—7	—1,50	+2,28	—1,99	+1,74	+2,47	+2,09	+1,77	+2,20	+1,81	+1,48	+1,73	+1,38	+1,09
	7—8	+3,00	—0,78	—0,49	—0,24	—0,97	—0,59	—0,27	—0,70	—0,31	+0,02	—0,23	+0,12	+0,52
	7—6	—3,00	+2,18	+1,80	+1,47	+2,59	+2,09	+1,66	+2,44	+1,90	+1,44	+2,00	+1,49	+1,06
	6—7	+5,00	—0,18	+0,20	+0,53	—0,59	—0,09	+0,34	—0,44	+0,10	+0,56	+0,00	+0,51	+0,94
	6—5	—5,00	+1,64	+1,17	+0,77	+2,38	+1,75	+1,21	+2,46	+1,77	+1,17	+2,17	+1,47	+0,89
	5—6	+7,50	—0,86	+1,33	+1,73	+0,12	+0,75	+1,29	—0,04	+0,73	+1,33	+0,33	+1,02	+1,61
	5—4	—7,50	+0,62	+0,07	—0,40	+1,78	+1,03	+0,37	+2,24	+1,37	+0,63	+2,22	+1,31	+0,54
	4—5	+10,50	+2,38	+2,93	+3,40	+1,23	+1,97	+2,62	+0,76	+1,62	+2,37	+0,78	+1,69	+2,45
	4—3	—10,50	—0,95	—1,57	—2,10	+0,70	—0,16	—0,91	+1,65	+0,63	—0,26	+2,04	+0,92	—0,03
	3—4	+14,0	+4,45	+5,07	+5,60	+2,80	+3,66	+4,41	+1,85	+2,87	+3,76	+1,46	+2,58	+3,53
	3—2	—14,0	—3,15	—3,83	—4,41	—0,98	—1,93	—2,77	+0,55	—0,61	—1,64	+1,49	+0,16	—0,97
	2—3	+18,0	+7,15	+7,83	+8,41	+4,98	+5,93	+6,77	+3,45	+4,61	+5,64	+2,51	+3,84	+4,97
	2—1	—18,0	—6,11	—6,83	—7,44	—3,46	—4,48	—5,38	—1 34	—2,62	—3,74	+0,23	—1,27	—2,55
	1—2	+22,5	+10,6	+11,33	+11,9	+7,96	+8,98	+9,88	+5,84	+7,12	+8,24	+4,27	+5,77	+7,05
	1—0	—22,5	—9,98	—10,7	—11,4	—7,01	—8,07	—9,00	—4,45	—5,79	—6,97	—2,34	—3,94	—5,31
	0—1	+27,5	+15,0	+15,7	+16,4	+12,0	+13,1	+14,0	+9,45	+10,8	+12,0	+7,34	+8,94	+10,3

Scanned with OKEN Scanner

m_v

λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
γ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	*10—9*	+0,69	—0,60	+0,53	+0,61	+0,53	+0,47	+0,56	+0,49	+0,43	+0,43	+0,38	+0,34	+0,33	+0,30	+0,27
	9—10	—0,19	—0,10	—0,03	—0,11	—0,03	+0,03	—0,06	+0,01	+0,07	+0,07	+0,12	+0,16	+0,16	+0,20	+0,24
	9—8	+1,14	+0,95	+0,79	+1,01	+0,84	+0,70	+0,93	+0,77	+0,63	+0,73	+0,60	+0,49	+0,60	+0,49	+0,37
	8—9	—0,14	+0,05	+0,21	—0,01	+0,16	+0,30	+0,07	+0,23	+0,37	+0,27	+0,40	+0,50	+0,40	+0,51	+0,58
	8—7	+1,47	+1,15	+0,89	+1,32	+1,02	+0,77	+1,22	+0,94	+0,70	+1,00	+0,75	+0,54	+0,85	+0,63	+0,37
	7—8	+0,03	+0,35	+0,61	+0,18	+0,48	+0,73	+0,28	+0,56	+0,80	+0,50	+0,75	+0,96	+0,65	+0,87	+0,98
	7—6	+1,74	+1,26	+0,85	+1,58	+1,13	+0,74	+1,48	+1,03	+0,66	+1,25	+0,84	+0,50	+1,10	+0,72	+0,28
	6—7	+0,26	+0,74	+1,14	+0,42	+0,83	+1,26	+0,52	+0,97	+1,34	+0,75	+1,16	+1,50	+0,90	+1,28	+1,42
	6—5	+1,96	+1,28	+0,71	+1,82	+1,16	+0,60	+1,72	+1,07	+0,53	+1,51	+0,89	+0,37	+1,35	+0,76	+0,11
	5—6	+0,54	+1,22	+1,79	+0,68	+1,34	+1,90	+0,78	+1,43	+1,97	+1,00	+1,61	+2,13	+1,15	+1,74	+1,89
	5—4	+2,10	+1,20	+0,44	+2,00	+1,11	+0,35	+1,93	+1,04	+0,30	+1,74	+0,89	+0,16	+1,60	+0,74	—0,12
	4—5	+0,90	+1,80	+2,56	+1,00	+1,89	+2,64	+1,07	+1,96	+2,70	+1,26	+2,12	+2,84	+1,40	+2,24	+2,38
	4—3	+2,10	+0,96	—0,02	+2,09	+0,94	—0,04	+2,07	+0,91	—0,06	+1,96	+0,82	—0,15	+1,85	+0,72	—0,24
	3—4	+1,40	+2,55	+3,52	+1,41	+2,56	+3,54	+1,43	+2,59	+3,56	+1,54	+2,68	+3,65	+1,65	+2,78	+3,74
	3—2	+1,81	+0,42	—0,76	+1,95	+0,53	—0,67	+2,03	+0,59	—0,63	+2,11	+0,65	—0,59	+2,08	+0,61	—0,63
	2—3	+2,19	+3,58	+4,78	+2,05	+3,46	+4,67	+1,97	+3,41	+4,63	+1,84	+3,35	+4,59	+1,92	+3,39	+4,63
	2—1	+0,90	—0,68	—2,06	+1,28	—0,38	—1,80	+1,51	—0,18	—1,63	+1,99	+0,20	—1,31	+2,22	+0,39	—1,16
	1—2	+3,60	+5,20	+6,56	+3,22	+4,88	+6,29	+2,99	+4,68	+6,13	+2,51	+4,30	+5,81	+2,28	+4,11	+5,66
	1—0	—1,31	—3,04	—4,52	—0,68	—2,49	—4,04	—0,25	—2,11	—3,71	+0,83	—1,19	—2,90	+1,70	—0,44	—2,26
	0—1	+6,31	+8,04	+9,52	+5,68	+7,49	+9,04	+5,25	+7,11	+8,71	+4,17	+6,19	+7,90	+3,30	+5,44	+7,26

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8 (continuare)

m_8

λ		0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
γ		1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	*10—9*	+0,00	+0,97	+0,89	+0,83	+1,00	+0,90	+0,82	+0,89	+0,79	+0,71	+0,73	+0,64	+0,57
	9—10	+0,50	—0,47	—0,40	—0,33	—0,50	—0,40	—0,32	—0,39	—0,20	—0,21	—0,23	—0,14	—0,07
	9—é	—0,50	+1,48	+1,33	+1,20	+1,57	+1,37	+1,20	+1,41	+1,21	+1,03	+1,14	+0,96	+0,80
	8—9	+1,45	—0,53	—0,38	—0,25	—0,62	—0,42	—0,25	—0,46	—0,26	—0,08	—0,19	—0,01	+0,15
	8—7	—1,45	+1,59	+1,36	+1,17	+1,80	+1,51	+1,25	+1,67	+1,36	+1,08	+1,37	+1,08	+0,83
	7—8	+2,80	—0,24	—0,01	+0,19	—0,45	—0,16	+0,10	—0,32	—0,01	+0,26	—0,02	+0,27	+0,52
	7—6	—2,80	+1,34	+1,04	+0,79	+1,74	+1,35	+1,01	+1,72	+1,29	+0,92	+1,48	+1,06	+0,70
	6—7	+4,50	+0,36	+0,66	+0,91	—0,04	+0,35	+0,69	—0,02	+0,41	+0,78	+0,22	+0,64	+1,00
	6—5	—4,50	+0,77	+0,40	+0,90	+1,43	+0,94	+0,51	+1,61	+1,05	+0,57	+1,49	+0,93	+0,45
	5—6	+6,50	+1,23	+1,60	+1,91	+0,57	+1,06	+1,49	+0,39	+0,95	+1,43	+0,51	+1,07	+1,55
	5—4	—6,50	—0,11	—0,54	—0,91	+0,85	+0,27	—0,24	+1,31	+0,63	+0,04	+1,40	+0,68	+0,07
	4—5	+8,75	+2,36	+2,79	+3,16	+1,40	+1,98	+2,49	+0,94	+1,62	+2,21	+0,85	+1,57	+2,81
	4—3	—8,75	—1,31	—1,79	—2,20	+0,00	+0,66	—1,25	+0,80	+0,00	—0,69	+1,18	+0,30	—0,45
	3—4	+11,2	+3,76	+4,24	+4,65	+2,45	+3,11	+3,62	+1,65	+2,45	+3,14	+1,27	+2,15	+2,90
	3—2	—11,2	—2,83	—3,36	—3,80	—1,17	—1,91	—2,55	+0,00	—0,90	—1,68	+0,73	—0,29	—1,16
	2—3	+13,8	+5,43	+5,96	+6,40	+3,77	+4,51	+5,15	+2,60	+3,50	+4,28	+1,87	+2,89	+3,76
	2—1	—13,8	—4,71	—5,27	—5,74	—2,74	—3,53	—4,22	—1,21	—2,18	—3,04	—0,90	—1,24	—2,21
	1—2	+16,5	+7,41	+7,96	+8,44	+5,44	+6,23	+6,92	+3,90	+4,88	+5,74	+2,80	+3,94	+4,91
	1—0	—16,5	—6,99	—7,56	—8,05	—4,82	—5,63	—6,35	—3,03	—4,05	—4,94	—1,62	—2,81	—3,84
	0—1	+19,2	+9,74	+10,3	+10,8	+7,57	+8,38	+9,10	+5,76	+6,80	+7,62	+1,36	+5,56	+6,59

Scanned with OKEN Scanner

m_6

Secțiunea	λ	0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
	ν	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	10—9	+0,63	+0,55	+0,49	+0,57	+0,50	+0,41	+0,52	+0,46	+0,41	+0,42	+0,37	+0,33	+0,33	+0,29	+0,26
	9—10	—0,13	—0,05	+0,11	—0,07	+0,00	+0,09	+0,02	+0,04	+0,09	+0,08	+0,13	+0,17	+0,17	+0,21	+0,23
	9—8	+0,99	+0,82	+0,68	+0,89	+0,74	+0,56	+0,82	+0,68	+0,56	+0,67	+0,55	+0,45	+0,59	+0,45	+0,37
	8—9	—0,04	+0,13	+0,26	+0,06	+0,21	+0,39	+0,13	+0,27	+0,39	+0,28	+0,40	+0,50	+0,39	+0,49	+0,58
	8—7	+1,70	+0,92	+0,69	+1,09	+0,83	+0,56	+1,02	+0,77	+0,56	+0,86	+0,63	+0,44	+0,75	+0,54	+0,37
	7—8	+0,15	+0,43	+0,66	+0,26	+0,52	+0,79	+0,33	+0,58	+0,79	+0,49	+0,72	+0,90	+0,60	+0,81	+0,98
	7—6	+1,32	+0,92	+0,58	+1,23	+0,83	+0,45	+1,16	+0,77	+0,45	+1,01	+0,61	+0,35	+0,91	+0,57	+0,28
	6—7	+0,38	+0,78	+1,12	+0,47	+0,87	+1,25	+0,54	+0,92	+1,25	+0,69	+1,05	+1,35	+0,78	+1,13	+1,42
	6—5	+1,38	+0,83	+0,35	+1,31	+0,76	+0,26	+1,26	+0,71	+0,26	+1,14	+0,61	+0,17	+1,05	+0,54	+0,11
	5—6	+0,62	+1,17	+1,64	+0,69	+1,24	+1,74	+0,74	+1,28	+1,74	+0,86	+1,39	+1,83	+0,94	+1,45	+1,89
	5—4	+1,37	+0,65	+0,04	+1,34	+0,62	—0,02	+1,31	+0,59	—0,02	+1,24	+0,52	—0,08	+1,17	+0,47	—0,12
	4—5	+0,87	+1,60	+2,21	+0,99	+1,63	+2,27	+0,94	+1,66	+2,27	+1,02	+1,73	+2,33	+1,08	+1,78	+2,37
	4—3	+1,27	+0,37	—0,39	+1,30	+0,39	—0,38	+1,31	+0,39	—0,38	+1,29	+0,38	—0,40	+1,26	+0,34	—0,43
	3—4	+1,18	+2,08	+2,84	+1,15	+2,06	+2,83	+1,14	+2,06	+2,83	+1,16	+2,07	+2,85	+1,19	+2,10	+2,88
	3—2	+0,99	—0,08	—0,99	+1,11	+0,02	—0,86	+1,18	+0,08	—0,86	+1,29	+0,16	—0,80	+1,31	+0,18	—0,79
	2—3	+1,61	+2,68	+3,59	+1,49	+2,58	+3,46	+1,42	+2,52	+3,46	+1,31	+2,44	+3,40	+1,28	+2,42	+3,39
	2—1	+0,37	—0,84	—1,87	+0,62	—0,62	—1,57	+0,79	—0,48	—1,57	+1,12	—0,21	—1,34	+1,30	—0,07	—1,23
	1—2	+2,33	+3,54	+4,57	+2,08	+3,32	+4,27	+1,91	+3,18	+4,27	+1,58	+2,91	+4,04	+1,40	+2,77	+3,93
	1—0	—0,94	—2,23	—3,33	—0,54	—1,88	—2,82	—0,27	—1,65	—2,82	+0,37	—1,08	—2,33	+0,91	—0,64	—1,95
	0—1	+3,69	+4,98	+6,08	+3,29	+4,63	+5,57	+3,02	+4,40	+5,57	+2,38	+3,85	+5,08	+1,84	+3,39	+4,70

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9

Coeficienții m_v și m_s pentru $n = 3 \ldots 11$ niveluri

m_v

Secțiunea	λ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
	γ	1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	11—10	+0,00	+1,107	+1,01	+0,93	+1,06	+0,95	+0,85	+0,89	+0,79	+0,69	+0,68	+0,59	+0,52
	10—11	+0,41	—0,69	—0,60	—0,52	—0,65	—0,54	—0,44	—0,47	—0,37	—0,28	—0,26	—0,18	—0,11
	10—9	—0,41	+1,85	+1,66	+1,50	+1,80	+1,57	+1,38	+1,50	+1,28	+1,09	+1,13	+0,95	+0,80
	9—10	+1,24	—1,02	—0,83	—0,67	—0,97	—0,75	—0,55	—0,67	—0,45	—0,27	—0,30	—0,12	+0,03
	9—8	—1,24	+2,24	+1,96	+1,72	+2,26	+1,92	+1,62	+1,91	+1,57	+1,28	+1,46	+1,16	+0,91
	8—9	+2,48	—1,00	—0,72	—0,48	—1,02	—0,68	—0,38	—0,67	—0,33	+0,04	—0,22	+0,08	+0,33
	8—7	—2,48	+2,31	+1,93	+1,61	+2,48	+2,01	+1,61	+2,17	+1,70	+1,29	+1,70	+1,27	+0,90
	7—8	+4,13	—0,66	—0,28	+0,04	—0,82	—0,36	+0,05	—0,52	—0,04	+0,36	—0,05	+0,39	+0,75
	7—6	—4,13	+2,04	+1,57	+1,17	+2,44	+1,85	+1,34	+2,29	+1,67	+1,13	+1,89	+1,29	+0,79
	6—7	+6,20	+0,03	+0,50	+0,89	—0,37	+0,21	+0,72	—0,22	+0,40	+0,94	+0,18	+0,78	+1,28
	6—5	—6,20	+1,40	+0,84	+0,38	+2,13	+1,42	+0,80	+2,24	+1,46	+0,79	+2,00	+1,22	+0,56
	5—6	+8,68	+1,08	+1,64	+2,10	+0,35	+1,06	+1,68	+0,24	+1,02	+1,69	+0,48	+1,26	+1,92
	5—4	—8,68	+0,36	—0,28	—1,81	+1,50	+0,67	—0,05	+1,98	+1,04	+0,22	+2,01	+1,02	+0,19
	4—5	+11,6	+2,54	+3,17	+3,71	+1,39	+2,22	+2,94	+0,92	+1,85	+2,67	+0,88	+1,87	+2,70
	4—3	—11,6	—1,15	—1,86	—2,45	+0,46	—0,47	—1,29	+1,41	+0,32	—0,64	+1,83	+0,63	—0,38
	3—4	+14,9	+4,46	+5,16	+5,76	+2,84	+3,78	+4,60	+1,90	+2,99	+3,94	+1,48	+2,67	+3,69
	3—2	—14,9	—3,22	—3,98	—4,62	—1,11	—2,14	—3,04	+0,38	—0,85	—1,93	+1,30	—0,09	—1,28
	2—3	+18,6	+6,94	+7,70	+8,34	+4,83	+5,86	+6,76	+3,34	+4,57	+5,95	+2,42	+5,81	+4,99
	2—1	—18,6	—5,95	—6,74	—7,42	—3,39	—4,48	—5,45	—1,36	—2,70	—3,87	+0,14	—1,41	—2,74
	1—2	+22,7	+10,1	+10,9	+11,6	+7,52	+8,62	+9,58	+5,49	+6,83	+8,01	+3,99	+5,54	+6,8
	1—0	—22,7	—9,49	—10,3	—11,1	—6,63	—7,76	—8,76	—4,20	—5,60	—6,83	—2,20	—3,85	—5,26
	0—1	+27,3	+14,0	+14,9	+15,6	+11,2	+12,3	+13,3	+8,74	+10,1	+11,4	+6,75	+8,39	+9,81

Scanned with OKEN Scanner

m_v

λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
γ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,01	0,10	1,20
Secțiunea	11—10	+0,57	+0,50	+0,44	+0,51	+0,44	+0,39	+0,46	+0,40	+0,36	+0,36	+0,38	+0,28	+0,28	+0,25	+0,22
	10—11	—0,16	—0,09	—0,03	—0,09	—0,03	+0,02	—0,05	+0,01	+0,06	+0,06	+0,04	+0,13	+0,14	+0,17	+0,19
	10—9	+0,95	+0,79	+0,66	+0,84	+0,69	+0,58	+0,77	+0,63	+0,52	+0,60	+0,59	+0,41	+0,49	+0,41	+0,33
	9—10	—0,12	+0,04	+0,17	—0,01	+0,13	+0,25	+0,05	+0,19	+0,30	+0,22	+0,24	+0,42	+0,33	+0,42	+0,50
	9—é	+1,23	+0,96	+0,74	+1,09	+0,85	+0,64	+1,02	+0,78	+0,58	+0,82	+0,72	+0,45	+0,70	+0,52	+0,36
	8—9	+0,01	+0,28	+0,50	+0,14	+0,39	+0,60	+0,23	+0,47	+0,66	+0,42	+0,52	+0,79	+0,53	+0,72	+0,87
	8—7	+1,46	+1,06	+0,72	+1,32	+0,91	+0,62	+1,23	+0,86	+0,55	+1,03	+0,81	+0,41	+0,91	+0,59	+0,33
	7—8	+0,19	+0,60	+0,93	+0,33	+0,72	+1,04	+0,43	+0,79	+1,10	+0,62	+0,85	+1,24	+0,74	+1,06	+1,33
	7—6	+1,65	+1,09	+0,06	+1,52	+0,97	+0,51	+1,43	+0,90	+0,44	+1,24	+0,84	+0,31	+1,11	+0,63	+0,22
	6—7	+0,40	+0,98	+1,45	+0,54	+1,09	+1,56	+0,63	+1,17	+1,62	+0,83	+1,22	+1,76	+0,95	+1,43	+1,84
	6—5	+1,83	+1,06	+0,41	+0,71	+0,96	+0,32	+1,63	+0,89	+0,26	+1,44	+0,82	+0,13	+1,32	+0,63	+0,05
	5—6	+0,65	+1,42	+2,07	+0,77	+1,52	+2,16	+0,85	+1,59	+2,22	+1,04	+1,64	+2,35	+1,16	+1,85	+2,43
	5—4	+1,93	+0,94	+0,11	+1,85	+0,87	+0,05	+1,80	+0,82	—0,01	+1,64	+0,78	—0,12	+1,53	+0,59	—0,20
	4—5	+0,96	+1,95	+2,78	+1,04	+2,02	+2,85	+1,10	+2,07	+2,89	+1,25	+2,11	+3,01	+1,36	+2,29	+3,09
	4—3	+1,91	+0,69	—0,35	+1,91	+0,68	—0,36	—1,90	+0,67	—0,37	+1,83	+0,65	—0,44	+1,73	+0,98	+0,51
	3—4	+1,40	+2,62	+3,65	+1,39	+2,62	+3,66	+1,40	+2,64	+3,68	+1,48	+2,65	+3,75	+1,57	+2,79	+3,82
	3—2	+1,62	+0,17	—1,06	+1,77	+0,29	—0,97	+1,84	+0,35	—0,93	+1,94	+0,38	—0,89	+1,93	+0,39	—0,90
	2—3	+2,10	+3,55	+4,78	+1,95	+3,43	+4,69	+1,88	+3,37	+4,65	+1,78	+3,34	+4,61	+1,79	+3,33	+4,62
	2—1	+0,78	—0,87	—2,27	+1,13	—0,57	+2,02	+1,36	—0,38	—1,86	+1,81	—0,23	—1,47	+2,03	+0,16	—1,42
	1—2	+3,35	+5,00	+6,41	+3,00	+4,70	+6,15	+2,78	+4,60	+6,00	+2,33	+4,39	+5,61	+2,10	+4,00	+5,59
	1—0	—1,24	—2,18	—4,53	—0,66	—2,50	—4,08	—0,25	—2,16	—3,77	+0,74	—1,89	—2,72	+1,54	—0,61	—2,44
	0—1	+5,79	+4,66	+9,07	+5,20	+7,05	+8,64	+4,80	+6,70	+8,40	+3,81	+6,44	+7,27	+3,00	+5,16	+6,99

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9 (continuare)

m_8

Secțiunea	λ / γ	0,00	0,05			0,10			0,20			0,40		
		1,00	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
	11—10	0,00	+0,89	+0,82	+0,76	+0,88	+0,79	+0,71	+0,76	+0,68	+0,60	+0,61	+0,53	+0,47
	10—11	+0,41	—0,48	—0,41	—0,34	—0,47	—0,38	—0,30	—0,35	—0,26	—0,19	—0,20	—0,12	—0,06
	10—9	—0,41	+1,41	+1,26	+1,14	+1,42	+1,24	+1,08	+1,23	+1,05	+0,89	+0,97	+0,81	+0,68
	9—10	+1,20	—0,62	—0,47	—0,35	—0,63	—0,45	—0,29	—0,44	—0,26	—0,11	—0,18	—0,02	+0,91
	9—8	—1,20	+1,60	+1,38	+1,19	+1,68	+1,41	+1,17	+1,48	+1,20	+0,96	+1,18	+0,92	+0,71
	8—9	+2,33	—0,48	—0,25	—0,06	—0,56	—0,28	—0,04	—0,35	—0,07	+0,16	—0,05	+0,20	+0,41
	8—7	—2,33	+1,51	+1,21	+0,96	+1,72	+1,35	+1,03	+1,58	+1,19	+0,86	+1,29	+0,93	+0,62
	7—8	+3,76	—0,08	+0,22	+0,46	—0,29	+0,07	+0,39	—0,15	+0,24	+0,56	+0,13	+0,50	+0,80
	7—6	—3,76	+1,15	+0,78	+0,48	+1,56	+1,09	+0,69	+1,55	+1,05	+0,62	+1,34	+0,85	+0,43
	6—7	+5,45	+0,54	+0,91	+0,21	+0,13	+0,60	+1,00	+0,14	+0,64	+1,07	+0,35	+0,84	+1,25
	6—5	—5,45	+0,55	+0,12	—0,25	+1,20	+0.65	+1,16	+1,39	+0,78	+0,24	+1,33	+0,69	+0,16
	5—6	+7,36	+1,37	+1,80	+2,16	+0,71	+1,27	+1,76	+0,52	+1,14	+1,67	+0,59	+1,22	+1,76
	5—4	—7,36	—0,30	—0,79	—1,21	+0,65	+0,01	+0,56	+1,10	+0,37	—0,27	+1,23	+0,45	—0,21
	4—5	+9,47	+2,40	+2,90	+3,31	+1,46	+2,10	+2,66	+1,00	+1,73	+2,37	+0,87	+1,65	+2,31
	4—3	—9,47	—1,41	—1,95	—2,41	—0,14	—0,86	—1,49	+0,64	—0,21	—0,95	+1,02	+0,09	—0,69
	3—4	+11,7	+3,66	+4,20	+4,66	+2,39	+3,11	+3,75	+1,62	+2,46	+3,20	+1,23	+2,16	+2,95
	3—2	+11,7	—2,79	—3,37	—3,87	—1,20	—1,98	—2,68	—0,08	—1,02	—1,85	+1,62	—0,44	—1,35
	2—3	+14,1	+5,15	+5,74	+6,23	+3,57	+4,35	+5,04	+2,45	+3,39	+4,21	+1,75	+2,81	+3,71
	2—1	—14,1	—4,48	—5,09	—5,61	—2,61	—3,44	—4,18	—1,16	—2,18	—3,07	—0,13	—1,29	—2,29
	1—2	+16,5	+6,92	+7,53	+8,05	+5,06	+5,89	+6,02	+3,61	+4,62	+5,51	+2,57	+3,73	+4,73
	1—0	—16,5	—6,63	—7,16	—7,69	—4,48	—5,34	—6,10	—2,80	—3,85	—4,78	—1,48	—2,71	—3,76
	0—1	+19,1	+9,01	+9,64	+10,2	+6,96	+7,82	+8,57	+5,28	+6,33	+4,26	+3,96	+5,19	+6,24

Scanned with OKEN Scanner

m_s

λ		0,60			0,80			1,00			2,00			5,00		
ϒ		1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Secțiunea	11—10	+0,53	+0,46	+0,41	+0,47	+0,41	+0,37	+0,44	+0,38	+0,34	+0,35	+0,30	+0,27	+0,27	+0,24	+0,22
	10—11	—0,11	—0,05	+0,01	—0,06	+0,00	+0,05	—0,02	+0,03	+0,07	+0,07	+0,11	+0,14	+0,14	+0,17	+0,19
	10—9	+0,83	+0,69	+0,57	+0,74	+0,62	+0,51	+0,69	+0,57	+0,47	+0,56	+0,46	+0,37	+0,46	+0,38	+0,31
	9—10	—0,04	+0,10	+0,21	+0,04	+0,17	+0,28	+0,10	+0,22	+0,32	+0,23	+0,33	+0,42	+0,32	+0,41	+0,48
	9—8	+1,02	+0,78	+0,59	+0,92	+0,70	+0,52	+0,85	+0,65	+0,47	+0,72	+0,53	+0,37	+0,63	+0,45	+0,31
	8—9	+0,11	+0,34	+0,54	+0,21	+0,42	+0,61	+0,27	+0,48	+0,65	+0,41	+0,59	+0,75	+0,50	+0,68	+0,82
	8—7	+1,14	+0,79	+0,50	+1,05	+0,73	+0,43	+0,98	+0,66	+0,39	+0,85	+0,55	+0,30	+0,77	+0,48	+0,24
	7—8	+0,29	+0,63	+0,92	+0,38	+0,71	+0,99	+0,44	+0,76	+1,04	+0,57	+0,87	+1,13	+0,66	+0,94	+1,19
	7—6	+1,21	+0,54	+0,33	+1,13	+0,67	+0,27	+1,08	+0,62	+0,24	+0,97	+0,53	+0,16	+0,89	+0,47	+0,11
	6—7	+0,48	+0,95	+1,36	+0,56	+1,02	+1,41	+0,61	+1,07	+1,45	+0,72	+1,16	+1,53	+0,80	+1,22	+1,58
	6—5	+0,12	+0,62	+0,01	+1,19	+0,57	+0,05	+1,15	+0,54	+0,02	+1,06	+0,46	—0,05	+1,00	+0,41	—0,09
	5—6	+0,67	+1,30	+1,82	+0,73	+1,34	+1,87	+0,76	+1,38	+1,90	+0,86	+1,46	+1,96	+0,92	+1,51	+2,00
	5—4	+1,23	+0,44	—0,23	+1,24	+0,42	—0,24	+1,19	+0,40	—0,26	+1,13	+0,35	—0,31	+1,08	+0,31	—0,34
	4—5	+0,88	+1,66	+2,33	+0,90	+1,68	+2,35	+0,92	+1,70	+2,36	+0,97	+1,75	+2,41	+1,02	+1,79	+2,44
	4—3	+1,12	+0,17	—0,63	+1,16	+0,20	—0,61	+1,17	+0,21	—0,70	+1,17	+0,20	—0,62	+1,15	+0,18	—0,63
	3—4	+1,13	+2,08	+2,89	+1,09	+2,05	+2,87	+1,08	+2,04	+2,86	+1,09	+2,05	+2,87	+1,10	+2,07	+2,89
	3—2	+0,87	—0,24	—1,18	+0,99	—0,14	—1,10	+1,06	—0,08	—1,05	+1,15	—0,01	—0,99	+1,19	+0,02	—0,98
	2—3	+1,50	+2,60	+3,54	+1,38	+2,50	+3.46	+1,31	+2.45	+3,42	+1.50	+2,37	+3,35	+1,17	+2,35	+3,34
	2—1	+0,31	—0,92	—1,97	+0,55	—0,72	—1,80	+0,70	—0,59	—1,69	+1,00	—0,34	—1,48	+1,17	—0,21	—1,38
	1—2	+2,13	+3,36	+4,41	+1,89	+3,16	+4,24	+1,74	+3,04	+4,14	+1,44	+2,78	+3,93	+1,27	+2,65	+3,82
	1—0	—0,87	—2,18	—3,29	—0,50	—1,86	—3,02	—0,25	—1,64	—2,89	+0,33	—1,13	—2,38	+0,82	—0,73	—2,04
	0—1	+3,35	+4,65	+5,77	+2,98	+4,34	+5,40	+2,73	+4,11	+5,31	+2,15	+3,61	+4,86	+1,66	+3,21	+4,52

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10

Coeficienții ν_v, ν_s pentru $n = 3...11$ niveluri

n	Nivelul caracteristic ($\approx 0{,}8\ n$)	ν_v	ν_s
3	2	13,73	12,24
4	3	12,64	11,25
5	4	12,08	10,87
6	5	11,67	10,58
7	6	11,38	10,33
8	6	13,28	11,92
9	7	12,86	11,50
10	8	12,54	11,39
11	9	12,24	11,14

Observație

Valorile coeficienților ν_v, ν_s diferă în funcție de numărul de niveluri numai pentru că nivelul caracteristic nu este situat la exact $0{,}8\ n$, ci la planșeul cel mai apropiat de acest nivel. Diferențele sînt mai mari la clădirile cu puține niveluri și devin nesemnificative la $n \geqslant 9$.

De aceea, în cazul construcțiilor cu $n > 11$ niveluri, se pot lua pentru ν_v și ν_s valorile corespunzătoare la $n = 10$, la care nivelul caracteristic este situat exact la $0{,}8\ n$.

Tabelul 11

Coeficienții η_v și η_s pentru 3 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,024	0,024	0,057	0,057	0,109	0,109	0,156	0,156	0,198	0,199	0,392	0,394
0,10	0,027	0,027	0,065	0,066	0,124	0,125	0,177	0,178	0,225	0,227	0,438	0,442
0,20	0,033	0,034	0,080	0,082	0,151	0,153	0,214	0,217	0,270	0,274	0,507	0,513
0,40	0,044	0,046	0,105	0,108	0,194	0,199	0,269	0,276	0,335	0,342	0,578	0,586
0,60	0,053	0,055	0,125	0,129	0,227	0,234	0,311	0,320	0,318	0,391	0,637	0,647
0,80	0,061	0,064	0,142	0,148	0,254	0,263	0,344	0,355	0,416	0,427	0,674	0,686
1,00	0,069	0,072	0,157	0,164	0,277	0,287	0,372	0,384	0,445	0,457	0,690	0,702
1,20	0,075	0,079	0,171	0,178	0,297	0,309	0,395	0,408	0,469	0,483	0,709	0,721
1,60	0,087	0,091	0,194	0,203	0,331	0,344	0,431	0,446	0,507	0,523	0,738	0,750
2,00	0,097	0,102	0,214	0,224	0,358	0,373	0,461	0,477	0,537	0,554	0,759	0,771
3,00	0,118	0,125	0,252	0,266	0,409	0,427	0,514	0,532	0,589	0,607	0,791	0,803
5,00	0,147	0,157	0,303	0,321	0,471	0,491	0,576	0,596	0,647	0,666	0,843	0,855

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 12

Coeficienții η_v și η_s pentru 4 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,026	0,026	0,064	0,064	0,121	0,121	0,171	0,173	0,219	0,220	0,428	0,431
0,10	0,032	0,033	0,077	0,078	0,146	0,147	0,206	0,208	0,261	0,264	0,495	0,499
0,20	0,043	0,044	0,101	0,103	0,188	0,191	0,262	0,267	0,326	0,332	0,572	0,578
0,40	0,060	0,062	0,140	0,144	0,251	0,257	0,340	0,349	0,415	0,424	0,672	0,682
0,60	0,075	0,079	0,171	0,176	0,298	0,307	0,396	0,407	0,471	0,482	0,715	0,724
0,80	0,088	0,092	0,197	0,205	0,336	0,347	0,437	0,450	0,515	0,527	0,748	0,758
1,00	0,100	0,104	0,220	0,229	0,368	0,380	0,471	0,485	0,549	0,563	0,771	0,781
1,20	0,110	0,116	0,240	0,250	0,395	0,408	0,500	0,514	0,577	0,591	0,789	0,799
1,60	0,129	0,136	0,274	0,287	0,439	0,454	0,545	0,561	0,620	0,635	0,814	0,823
2,00	0,146	0,154	0,303	0,317	0,474	0,491	0,579	0,595	0,652	0,667	0,850	0,860
3,00	0,180	0,191	0,359	0,375	0,534	0,552	0,638	0,655	0,705	0,720	0,881	0,890
5,00	0,228	0,242	0,429	0,449	0,606	0,625	0,701	0,718	0,759	0,774	0,910	0,917

Tabelul 13

Coeficienții η_v și η_s pentru 5 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,029	0,030	0,071	0,072	0,135	0,136	0,192	0,193	0,243	0,245	0,468	0,471
0,10	0,038	0,039	0,092	0,093	0,171	0,173	0,240	0,243	0,310	0,305	0,544	0,549
0,20	0,053	0,055	0,126	0,129	0,228	0,233	0,313	0,319	0,385	0,391	0,643	0,650
0,40	0,079	0,082	0,179	0,185	0,310	0,319	0,411	0,421	0,487	0,729	0,729	0,737
0,60	0,100	0,104	0,221	0,229	0,370	0,381	0,474	0,486	0,552	0,564	0,776	0,784
0,80	0,119	0,124	0,256	0,266	0,416	0,426	0,522	0,535	0,599	0,612	0,805	0,813
1,00	0,135	0,142	0,286	0,297	0,454	0,468	0,560	0,574	0,635	0,648	0,825	0,832
1,20	0,151	0,158	0,312	0,325	0,485	0,500	0,591	0,605	0,663	0,676	0,859	0,867
1,60	0,178	0,187	0,350	0,371	0,533	0,548	0,637	0,652	0,705	0,718	0,883	0,890
2,00	0,201	0,212	0,392	0,402	0,570	0,586	0,671	0,686	0,735	0,748	0,899	0,906
3,00	0,249	0,262	0,458	0,476	0,634	0,651	0,727	0,741	0,782	0,794	0,923	0,920
5,00	0,313	0,330	0,537	0,556	0,703	0,720	0,783	0,796	0,828	0,839	0,945	0,950

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 14

Coeficienții η_v și η_s pentru 6 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_b	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,034	0,035	0,080	0,081	0,151	0,153	0,214	0,216	0,270	0,273	0,509	0,513
0,10	0,045	0,046	0,108	0,110	0,198	0,202	0,276	0,280	0,343	0,348	0,591	0,597
0,20	0,066	0,068	0,153	0,157	0,271	0,277	0,365	0,372	0,442	0,450	0,700	0,707
0,40	0,100	0,104	0,221	0,228	0,370	0,380	0,475	0,486	0,553	0,564	0,777	0,785
0,60	0,128	0,134	0,273	0,283	0,438	0,451	0,546	0,558	0,621	0,633	0,819	0,826
0,80	0,153	0,160	0,316	0,328	0,490	0,504	0,596	0,609	0,668	0,680	0,863	0,870
1,00	0,175	0,184	0,352	0,365	0,529	0,543	0,634	0,648	0,703	0,715	0,883	0,890
1,20	0,195	0,250	0,383	0,397	0,562	0,577	0,664	0,678	0,729	0,741	0,897	0,904
1,60	0,230	0,242	0,433	0,449	0,612	0,627	0,709	0,722	0,767	0,779	0,917	0,923
2,00	0,260	0,273	0,473	0,490	0,649	0,665	0,740	0,753	0,794	0,804	0,930	0,935
3,00	0,318	0,334	0,544	0,562	0,710	0,725	0,790	0,802	0,834	0,844	0,949	0,953
5,00	0,394	0,413	0,624	0.642	0,772	0,785	0,838	0,847	0,872	0,880	0,963	0,967

Tabelul 15

Coeficienții η_v și η_s pentru 7 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,038	0,038	0,091	0,092	0,170	0,172	0,239	0,241	0,299	0,302	0,534	0,547
0,10	0,054	0,055	0,126	0,128	0,228	0,232	0,313	0,318	0,385	0,391	0,644	0,650
0,20	0,080	0,083	0,182	0,187	0,315	0,322	0,416	0,425	0,492	0,501	0,735	0,742
0,40	0,123	0,128	0,264	0,273	0,427	0,439	0,535	0,546	0,611	0,622	0,814	0,821
0,60	0,159	0,166	0,326	0,338	0,502	0,515	0,607	0,620	0,679	0,690	0,870	0,876
0,80	0,190	0,199	0,375	0,388	0,554	0,568	0,657	0,670	0,723	0,735	0,895	0,901
1,00	0,217	0,228	0,416	0,430	0,595	0,609	0,694	0,707	0,755	0,766	0,912	0,917
1,20	0,242	0,253	0,449	0,465	0,628	0,642	0,722	0,735	0,779	0,790	0,923	0,929
1,60	0,284	0,297	0,504	0,520	0,677	0,691	0,763	0,775	0,813	0,823	0,939	0,944
2,00	0,319	0,334	0,545	0,562	0,712	0,725	0,791	0,802	0,835	0,844	0,950	0,954
3,00	0,386	0,403	0,616	0,634	0,767	0,780	0,834	0,844	0,870	0,877	0,964	0,968
5,00	0,468	0,488	0,693	0,708	0,821	0,831	0,875	0,881	0,899	0,906	0,976	0,979

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 16

Coeficienții η_v și η_s pentru 8 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,041	0,042	0,098	0,100	0,183	0,186	0,256	0,260	0,319	0,324	0,565	0,571
0,10	0,059	0,060	0,137	0,141	0,246	0,252	0,335	0,342	0,409	0,417	0,668	0,676
0,20	0,088	0,091	0,197	0,204	0,336	0,346	0,437	0,449	0,516	0,527	0,752	0,761
0,40	0,134	0,140	0,283	0,295	0,451	0,466	0,558	0,573	0,633	0,647	0,826	0,834
0,60	0,172	0,182	0,347	0,363	0,524	0,540	0,630	0,645	0,699	0,713	0,881	0,889
0,80	0,205	0,217	0,398	0,415	0,577	0,595	0,678	0,694	0,742	0,755	0,905	0,912
1,00	0,234	0,248	0,439	0,457	0,618	0,634	0,714	0,729	0,772	0,785	0,920	0,926
1,20	0,260	0,275	0,474	0,493	0,650	0,667	0,741	0,755	0,795	0,806	0,932	0,937
1,60	0,305	0,322	0,529	0,548	0,698	0,715	0,781	0,794	0,827	0,837	0,946	0,950
2,00	0,341	0,360	0,570	0,590	0,732	0,748	0,807	0,819	0,848	0,857	0,956	0,960
3,00	0,410	0,431	0,640	0,660	0,785	0,800	0,848	0,858	0,881	0,888	0,970	0,973
5,00	0,495	0,518	0,715	0,733	0,836	0,847	0,884	0,893	0,908	0,915	0,980	0,983

Tabelul 17

Coeficienții η_v și η_s pentru 9 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,047	0,048	0,110	0,112	0,203	0,206	0,281	0,286	0,349	0,354	0,597	0,604
0,10	0,068	0,070	0,156	0,161	0,277	0,284	0,372	0,380	0,446	0,455	0,707	0,717
0,20	0,103	0,107	0,227	0,235	0,378	0,389	0,483	0,495	0,561	0,574	0,783	0,792
0,40	0,159	0,167	0,326	0,339	0,502	0,517	0,608	0,622	0,679	0,692	0,870	0,878
0,60	0,205	0,216	0,397	0,413	0,577	0,593	0,678	0,693	0,742	0,754	0,905	0,912
0,80	0,244	0,257	0,452	0,470	0,631	0,647	0,725	0,739	0,782	0,793	0,925	0,931
1,00	0,277	0,292	0,496	0,514	0,670	0,686	0,758	0,771	0,809	0,820	0,939	0,944
1,20	0,307	0,323	0,532	0,551	0,701	0,717	0,783	0,796	0,830	0,839	0,948	0,952
1,60	0,357	0,375	0,587	0,606	0,746	0,760	0,818	0,829	0,857	0,866	0,959	0,963
2,00	0,397	0,417	0,628	0,647	0,776	0,790	0,841	0,852	0,875	0,883	0,967	0,971
3,00	0,471	0,492	0,695	0,713	0,824	0,835	0,877	0,885	0,903	0,908	0,979	0,981
5,00	0,558	0,579	0,763	0,779	0,867	0,877	0,907	0,914	0,925	0,931	0,987	0,990

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 18

Coeficienții η_v și η_s pentru 10 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,058	0,060	0,136	0,139	0,245	0,250	0,334	0,340	0,408	0,415	0,668	0,675
0,10	0,078	0,080	0,177	0,182	0,307	0,315	0,408	0,416	0,483	0,492	0,728	0,766
0,20	0,119	0,124	0,257	0,266	0,418	0,429	0,525	0,538	0,602	0,614	0,808	0,816
0,40	0,186	0,194	0,368	0,382	0,547	0,561	0,650	0,664	0,718	0,729	0,891	0,898
0,60	0,239	0,250	0,445	0,461	0,624	0,639	0,719	0,732	0,777	0,787	0,922	0,928
0,80	0,283	0,297	0,502	0,519	0,676	0,690	0,763	0,774	0,813	0,823	0,940	0,945
1,00	0,320	0,336	0,547	0,565	0,714	0,728	0,793	0,803	0,837	0,846	0,951	0,955
1,20	0,353	0,370	0,583	0,601	0,743	0,756	0,816	0,826	0,855	0,863	0,958	0,962
1,60	0,407	0,425	0,638	0,655	0,784	0,796	0,846	0,856	0,879	0,887	0,968	0,972
2,00	0,450	0,469	0,677	0,694	0,812	0,823	0,867	0,876	0,894	0,901	0,975	0,978
3,00	0,526	0,546	0,740	0,755	0,853	0,862	0,897	0,904	0,917	0,923	0,984	0,987
5,00	0,612	0,632	0,802	0,815	0,889	0,898	0,923	0,929	0,936	0,941	0,991	0,994

Tabelul 19

Coeficienții η_v și η_s pentru 11 niveluri

γ	1,02		1,05		1,10		1,15		1,20		1,50	
λ	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s	η_v	η_s
0,00	0,020	0,020	0,047	0,047	0,091	0,091	0,131	0,131	0,167	0,167	0,333	0,333
0,05	0,052	0,053	0,123	0,125	0,224	0,228	0,308	0,313	0,379	0,385	0,637	0,644
0,10	0,088	0,101	0,198	0,223	0,338	0,373	0,443	0,482	0,519	0,558	0,755	0,785
0,20	0,136	0,162	0,288	0,331	0,457	0,509	0,564	0,614	0,640	0,686	0,831	0,857
0,40	0,213	0,256	0,409	0,469	0,589	0,647	0,689	0,739	0,751	0,794	0,910	0,932
0,60	0,273	0,327	0,490	0,555	0,666	0,721	0,755	0,799	0,807	0,843	0,938	0,955
0,80	0,322	0,383	0,549	0,614	0,716	0,767	0,795	0,835	0,839	0,871	0,953	0,967
1,00	0,363	0,428	0,594	0,658	0,751	0,799	0,823	0,859	0,861	0,890	0,963	0,975
1,20	0,398	0,466	0,629	0,692	0,778	0,822	0,843	0,876	0,877	0,903	0,970	0,980
1,60	0,454	0,526	0,681	0,741	0,815	0,854	0,871	0,899	0,899	0,920	0,978	0,986
2,00	0,498	0,571	0,719	0,774	0,840	0,875	0,889	0,914	0,912	0,931	0,984	0,990
3,00	0,574	0,646	0,777	0,825	0,877	0,905	0,914	0,931	0,936	0,947	0,992	0,997
5,00	0,659	0,724	0,833	0,872	0,909	0,931	0,937	0,952	0,948	0,958	0,998	0,999

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 20

Coeficienţii η_v şi η_s pentru $n = 3 \ldots 11$ niveluri, cînd $\gamma = 1$ (montanţi indeformabili axial)

$$I_{ev} = \eta_v I_m; \qquad I_{es} = \eta_s I_m$$

λ	Coeficienţii η_v pentru $n =$								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
0,05	2,40	2,60	3,03	3,44	3,91	4,28	4,84	5,46	6,13
0,10	2,77	3,30	3,95	4,72	5,60	6,18	7,20	8,32	9,54
0,20	3,44	4,43	5,61	7,00	8,60	9,48	11,3	13,4	15,6
0,40	4,60	6,34	8,46	11,0	13,9	15,2	18,6	22,4	26,6
0,60	5,59	8,01	11,0	14,5	18,6	20,5	25,4	30,8	36,9
0,80	6,48	9,52	13,3	17,8	23,1	25,4	31,7	38,8	46,6
1,00	7,28	10,9	15,5	21,0	27,4	30,1	37,8	46,4	55,9
1,20	8,02	12,2	17,5	23,9	31,4	34,6	43,6	53,7	64,9
1,60	9,37	14,7	21,4	29,5	39,4	43,1	54,6	67,5	81,9
2,00	10,6	16,9	24,9	34,7	46,2	51,0	64,9	80,4	97,7
3,00	13,1	21,7	32,7	46,1	61,9	68,6	87,7	109,2	133,1
5,00	17,0	29,2	45,0	64,3	87,1	96,8	124,5	155,7	190,4

λ	Coeficienţii η_v pentru $n =$								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
0,05	2,41	2,70	3,05	3,47	3,96	4,36	4,94	5,58	6,28
0,10	2,79	3,34	4,01	4,80	5,71	6,37	7,44	8,61	9,89
0,20	3,50	4,51	5,75	7,20	8,88	9,91	11,9	14,0	16,4
0,40	4,73	6,55	8,78	11,4	14,5	16,2	19,8	23,8	28,3
0,60	5,80	8,34	11,5	15,2	19,6	21,9	27,1	32,9	39,4
0,80	6,76	9,98	14,0	18,8	24,4	27,3	34,0	41,6	50,0
1,00	7,63	11,5	16,3	22,2	29,0	32,4	40,6	49,9	60,2
1,20	8,45	12,9	18,6	25,4	33,4	37,3	47,0	57,9	69,9
1,60	9,93	15,6	22,7	31,4	41,7	46,7	59,0	73,0	88,5
2,00	11,3	18,0	26,6	37,0	49,4	55,4	70,3	87,1	105,8
3,00	14,1	23,3	35,1	49,5	66,5	74,8	95,5	118,8	144,7
5,00	18,4	31,6	48,6	69,4	94,1	106,1	136,2	170,1	207,8

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 21

Valorile coeficienților m_{ov}, m_{os}

Nivelul	Numărul de niveluri al clădirii									
	7		8		9		10		11	
	m_{ov}	m_{os}	m_{ov}	m_{os}	m_{ov}	m_{os}	m_{ov}	m_{os}	m_{ov}	m_{os}
11	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0
10	—	—	—	—	—	—	0	0	0,004	0,004
9	—	—	—	—	0	0	0,005	0,010	0,017	0,031
8	—	—	0	0	0,006	0,012	0,020	0,037	0,037	0,068
7	0	0	0,008	0,015	0,025	0,046	0,045	0,081	0,066	0,116
6	0,010	0,019	0,031	0,057	0,056	0,099	0,080	0,139	0,103	0,175
5	0,041	0,074	0,070	0,123	0,099	0,168	0,125	0,208	0,149	0,243
4	0,092	0,157	0,125	0,208	0,154	0,251	0,180	0,288	0,202	0,319
3	0,163	0,264	0,195	0,309	0,222	0,346	0,245	0,376	0,264	0,401
2	0,255	0,389	0,281	0,422	0,302	0,448	0,320	0,469	0,335	0,487
1	0,367	0,525	0,383	0,542	0,395	0,556	0,405	0,567	0,413	0,576
0	0,500	0,667	0,500	0,667	0,500	0,667	0,500	0,667	0,500	0,667

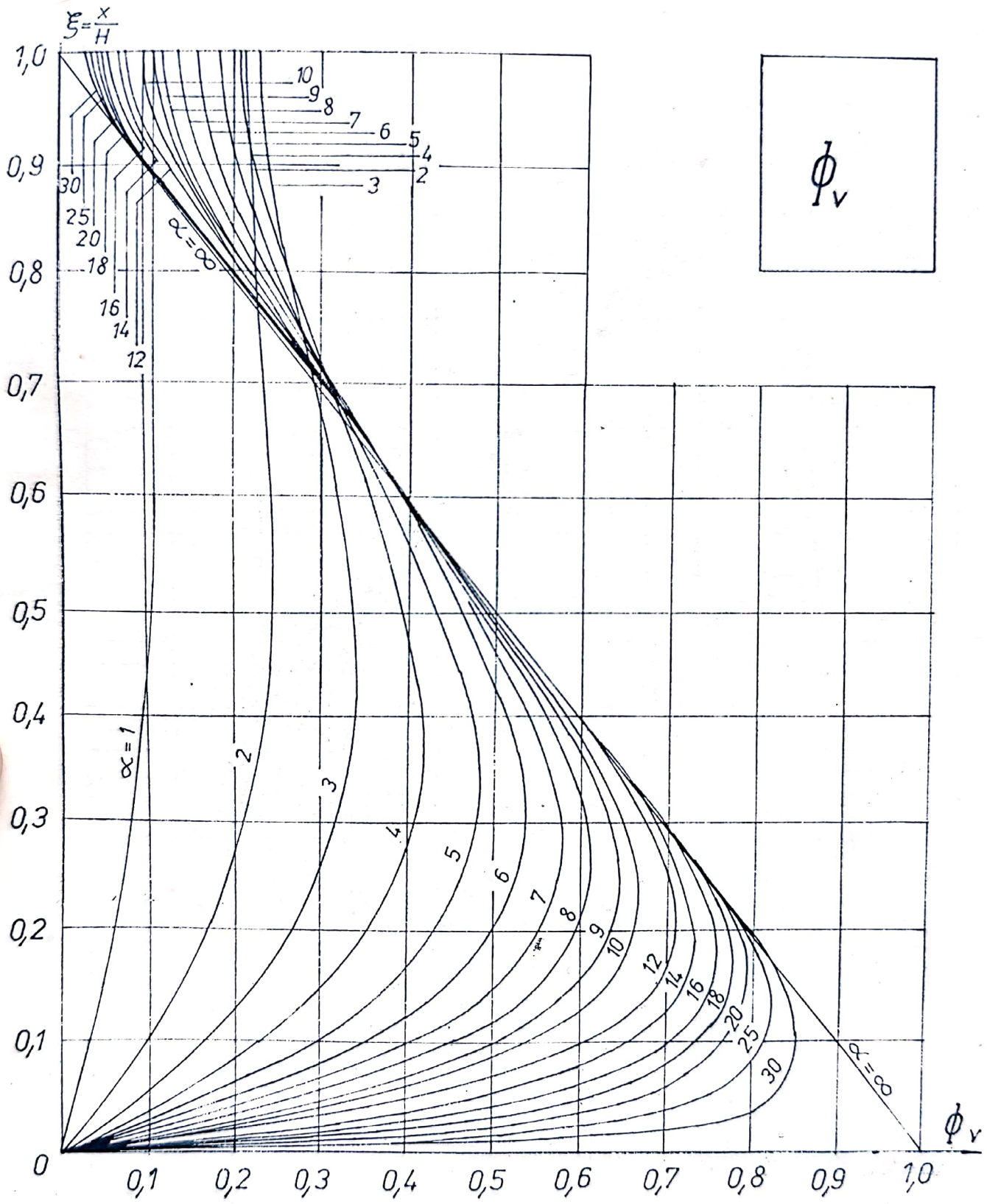
Tabelul 22

Coeficienții c pentru calculul momentelor de inerție la secțiuni în formă de T

$$I = c\,\frac{b\,h^3}{12}$$

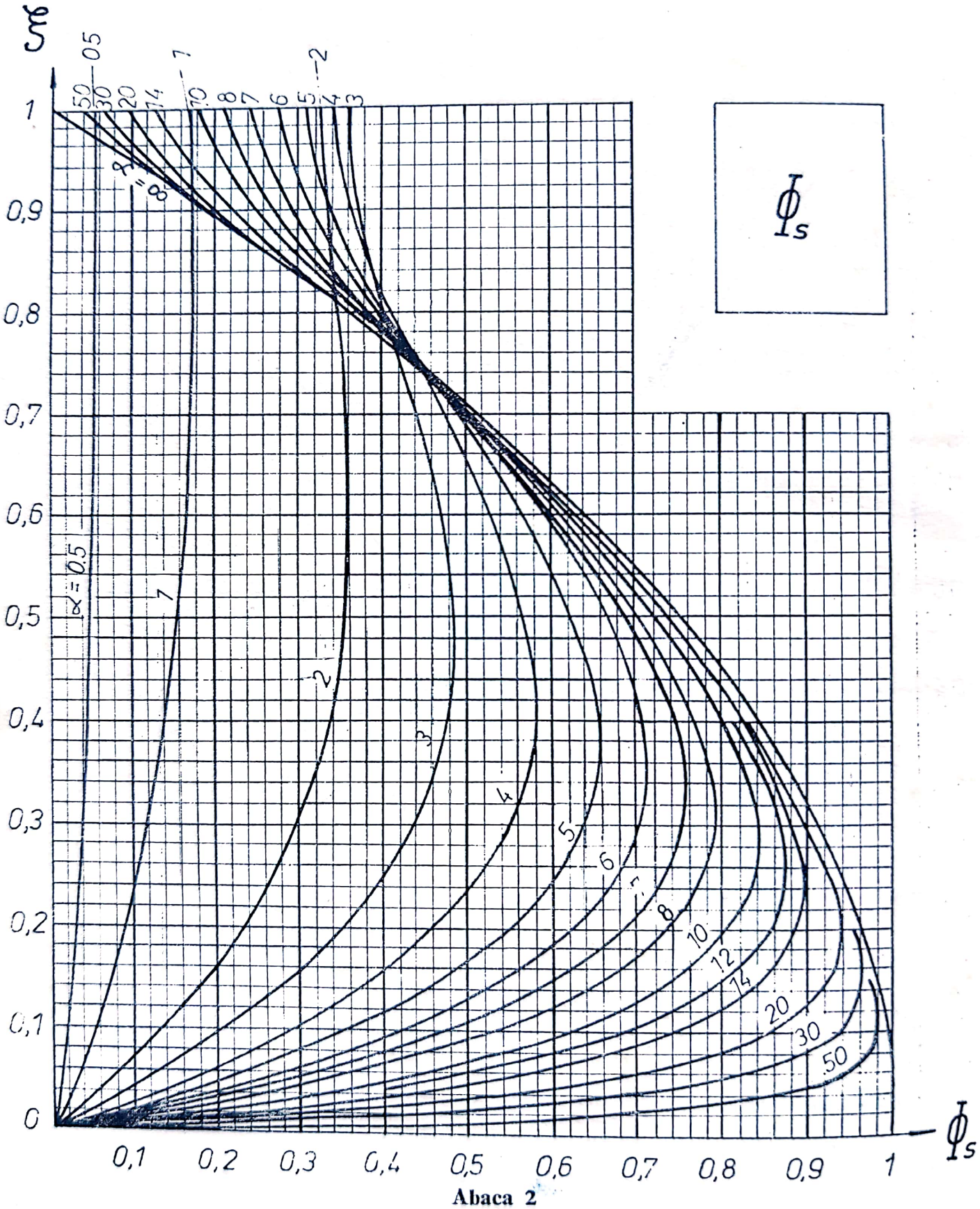
$\frac{b_p}{b}$	Valorile coeficienților c pentru $h_p/h =$											$\frac{b_p}{b}$
	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	
2,0	1,106	1,129	1,150	1,189	1,222	1,251	1,286	1,328	1,353	1,366	1,371	2,0
2,2	1,127	1,153	1,178	1,223	1,262	1,295	1,335	1,381	1,408	1,422	1,426	2,2
2,4	1,147	1,177	1,206	1,256	1,300	1,337	1,381	1,431	1,459	1,473	1,477	2,4
2,6	1,166	1,201	1,233	1,289	1,337	1,377	1,425	1,478	1,507	1,520	1,524	2,6
2,8	1,186	1,224	1,259	1,321	1,372	1,416	1,467	1,523	1,552	1,564	1,567	2,8
3,0	1,205	1,246	1,284	1,351	1,407	1,453	1,507	1,565	1,594	1,605	1,608	3,0
3,2	1,224	1,269	1,310	1,381	1,440	1,489	1,545	1,604	1,633	1,644	1,646	3,2
3,4	1,242	1,290	1,334	1,410	1,473	1,524	1,582	1,642	1,670	1,680	1,682	3,4
3,6	1,261	1,312	1,358	1,439	1,504	1,557	1,617	1,678	1,705	1,714	1,715	3,6
3,8	1,279	1,333	1,382	1,466	1,534	1,590	1,651	1,712	1,739	1,747	1,748	3,8
4,0	1,296	1,354	1,405	1,493	1,564	1,620	1,683	1,744	1,770	1,777	1,778	4,0
4,2	1,314	1,374	1,428	1,519	1,592	1,650	1,714	1,775	1,800	1,806	1,807	4,2
4,4	1,331	1,394	1,450	1,545	1,620	1,679	1,744	1,804	1,828	1,834	1,855	4,4
4,6	1,348	1,413	1,472	1,570	1,647	1,707	1,772	1,833	1,856	1,860	1,861	4,6
4,8	1,365	1,433	1,493	1,594	1,673	1,734	1,800	1,859	1,881	1,886	1,887	4,8
5,0	1,382	1,452	1,514	1,610	1,698	1,760	1,826	1,885	1,906	1,910	1,914	5.0

Scanned with OKEN Scanner



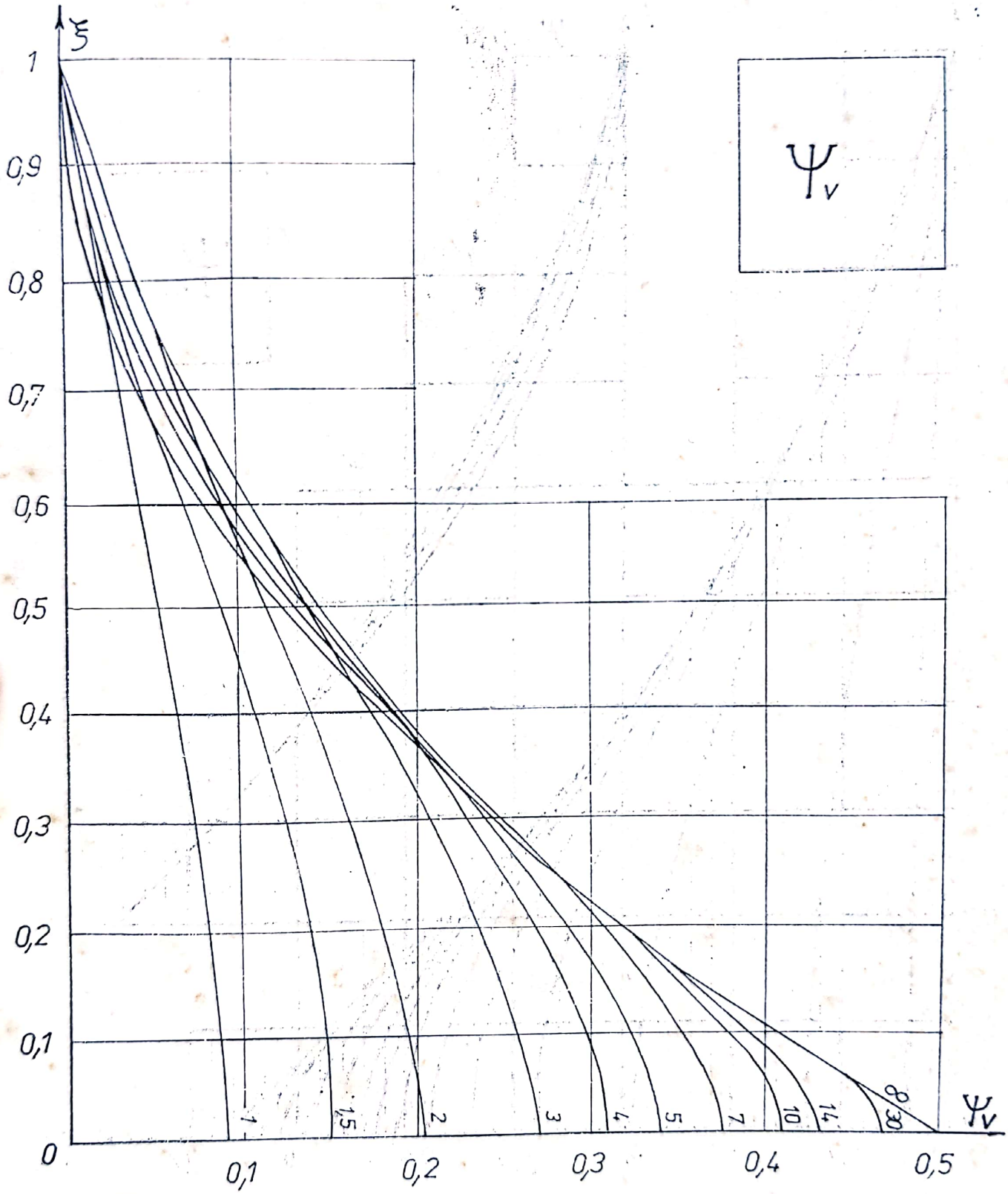
Abaca 1

Scanned with OKEN Scanner



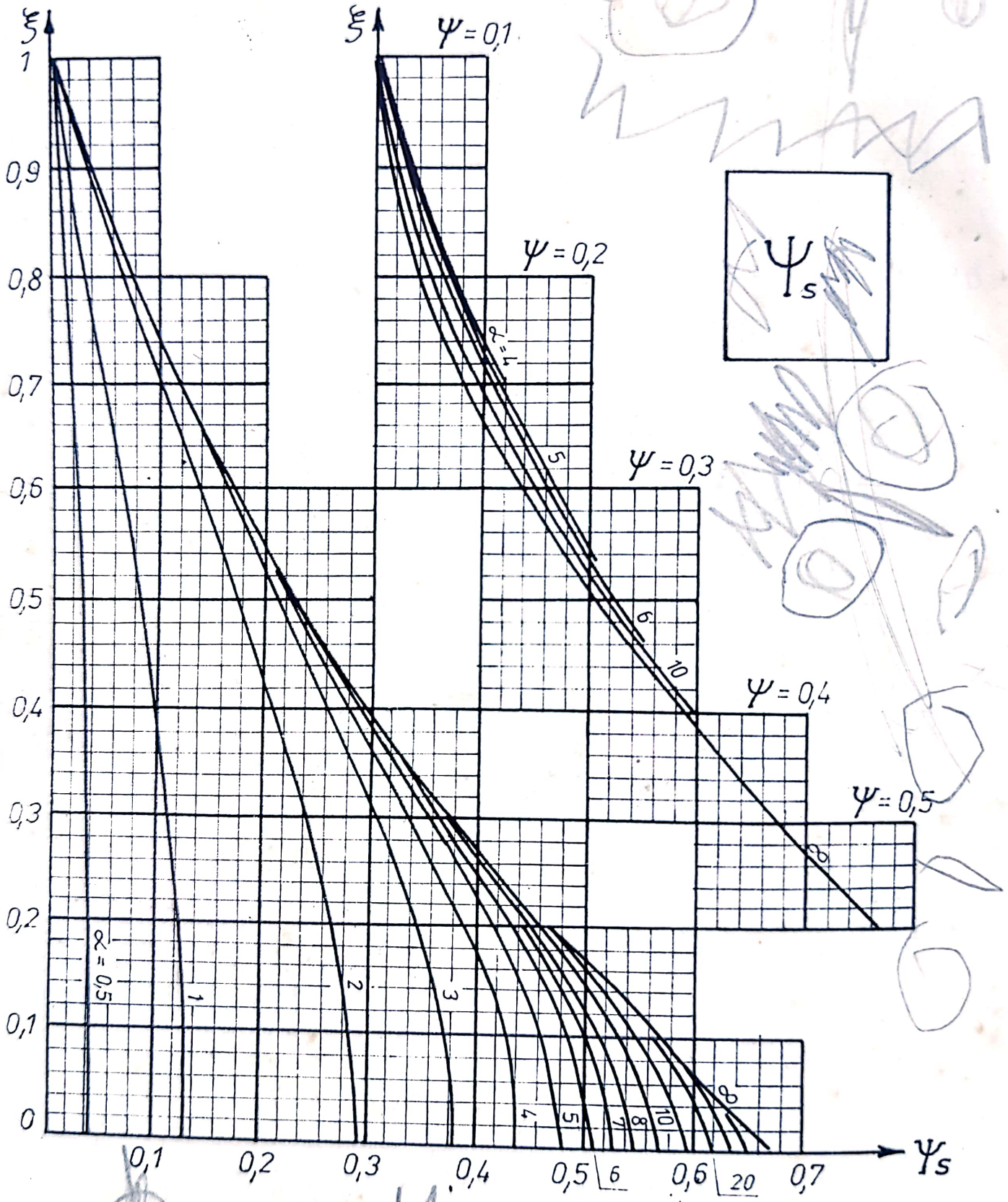
Abaca 2

Scanned with OKEN Scanner



Abaca 3

Scanned with OKEN Scanner



Abaca 4

Scanned with OKEN Scanner